Wertorientierte Unternehmensplanung im Forstbetrieb

- Komponentenbasiertes Modellkonzept auf Grundlage von Betriebsinventur und Betriebssimulation -

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des akademischen Grades

– Doctor rerum silvaticarum (Dr. rer. silv.) –

vorgelegt der Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften
der Technischen Universität Dresden

von Dipl.-Ing. Kai Lapacek
geb. am 18.11.1971 in Dannenberg/Elbe, Deutschland

Gutachter: Prof. Dr. A.W. Bitter
Prof. Dr. S. Wagner
Prof. Dr. M. Moog

Tag der Verteidigung: 20.11.2003 in Tharandt

Vorwort

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit gab mir Herr Prof. Dr. A.W. Bitter. Mein Interesse an betriebswirtschaftlichen Zusammenhängen in Verbindung mit forsteinrichtungstechnischen Fragestellungen weckte schnell und nachhaltig meine Begeisterung für dieses Thema. Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. A. W. Bitter als Initiator und Betreuer der Arbeit. Als Wegbereiter folgte er der Arbeit mit großem Interesse, stand jederzeit für Fragen und Diskussionen bereit und erleichterte durch ein angenehmes Arbeitsklima an der Professur den kollegialen Austausch mit allen Mitarbeitern. Sie alle lernte ich dort nicht nur fachlich sehr zu schätzen.

Die Bearbeitung des Themas erfolgte während eines Promotionsstudiums am Institut für Forstökonomie und Forsteinrichtung, Professur Forsteinrichtung der TU Dresden in Tharandt in den Jahren 1997–2000. Durch das mir gewährte Graduiertenstipendium als finanzielle Förderung des Landes Sachsen war die Voraussetzung für die Erstellung der Arbeit möglich. Den zuständigen Stellen des Landes gilt daher mein Dank.

Die Fertigstellung der Arbeit war nicht möglich ohne eine wohlwollende Begleitung und Förderung einer Vielzahl von Persönlichkeiten, Kollegen und Freunden. Ihnen allen danke ich gleichermaßen.

Mein ausdrücklicher Dank gilt Herrn M. Merrem. Er unterstützte mich bei waldbaulichen Fragestellungen jederzeit gern. Nach seinem Weggang stand mir Herr M. Lohr mit seiner Erfahrung freundlich zur Seite. Herrn F. Eilermann danke ich für seine Hilfe bei Fragen zur GIS-Anwendung. Herr D. Dietze unterstützte mich bei der Datenbankanwendung und Programmierung. Beiden bin ich für Ihre Mühewaltung sehr verbunden. Während meiner Zeit an der Professur Forsteinrichtung teilte ich das Dienstzimmer mit Herrn M. Creutz. Die Zusammenarbeit mit ihm bleibt mir in dankbarer Erinnerung.

Des Weiteren war die Unterstützung von Mitmenschen außerhalb der Tharandter Professur für das Gelingen der Arbeit von Bedeutung.

Für Fragestellungen zur Waldwachstumssimulation ist die Professur für Waldwachstumskunde an der TU München/Weihenstephan der wichtige Ansprechpartner gewesen. Herr Prof. Dr. H. Pretzsch als Leiter des Lehrstuhles stellte mir wohlwollend den Wachstumssimulator SILVA 2.2 für meine Arbeit zur Verfügung. Hierfür sage ich ihm ganz besonders herzlichen Dank.
Die Mitarbeiter am Institut in München/Weihenstephan, Dr. J. Ďurský, Dr. A. Pommerening und Dr. P. Biber führten mich in das Programm SILVA ein und gaben wichtige Hinweise. Bei

Herrn Forstassessor K. Klugmann bedanke ich mich für die Durchsicht des Manuskriptes und seine wertvollen Anmerkungen.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Untersuchungsbetriebes für ihre Unterstützung und ihre stete Bereitschaft zur Diskussion.

Letztlich darf ich auch meinen Eltern in Prezelle danken. Durch ihre weitere finanzielle Unterstützung ergänzend zum Stipendium konnte ich mich frei von wirtschaftlichen Zwängen für die Zeit der Erstellung vorliegender Dissertation ausschließlich der Wissenschaft widmen.

Tharandt, den 12.05.2003

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung

1.1 Thematische Einführung

Das Kosten-Erlös-Verhältnis im Forstbetrieb[1] wird durch eine stetig zunehmende Kostenbelastung bei sich wiederholenden Preiseinbrüchen auf dem Rohholzmarkt nach Sturmereignissen zunehmend ungünstiger. Die daraus resultierende wirtschaftlich angespannte Lage zahlreicher Forstbetriebe zwingt dazu, alle Möglichkeiten der Rationalisierung zu nutzen. Die Anstrengungen, die zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit bei verschlechterten Rahmenbedingungen unternommen werden, sind vielfältig (LÖFFLER, 1995; RUPF, 2001).[2]

Als Strategien wird ein weites Spektrum an waldbaulichen Mitteln angeboten, die das Ausnutzen der *„biologischen Automation“*[3] mit geringen Steuerungseingriffen (RICHTER, 1985; HOFFMANN, 1989; KLEINSCHMIT, 1991; FAUST, 1992; HUSS, 1992; RIPKEN, 1992; BORCHERS, 1998; BIERMAYER, 2000b; SPELLMANN, 2002) fördern. In der optimalen Gestaltung einer naturnahen biologischen Produktion bei Einsatz umweltschonender moderner Forsttechnik werden hohe Wertschöpfungspotenziale und damit die größten Rationalisierungsspielräume gesehen (DUFFNER, 1994, DENSTORF u. WEINBERG, 2001). Weiterhin werden generelle Kostensenkungen (BRABÄNDER, 1983; DUFFNER, 1994), die Entwicklung von forsttechnischen Verfahren zur kostengünstigen Ernte von Schwachholz (v. GAERTRINGEN, 1989; BASSE, 2002), der Aufbau neuer Geschäftsfelder (ZIESLING, 1999; THOROE u. OLLMANN, 2001) oder besseres Marketing[4] (EISELE, 1994; WELCKER, 2001) und ein modernes Informationsmanagement (BITTER, 1991; KRUGER, 1998; KURTH, 2001; UNTHEIM u. KWASNITSCHKA, 2001; KLEINSCHMIT, 2002; LEMM et al., 2002) als Lösungsansätze beschrieben.

Wichtige Voraussetzung, um die vorhandenen Gestaltungsspielräume zielgerichtet nutzen zu können, ist ein effektives Informationsmanagement, das die benötigten Informationen *„zur Planung und Steuerung des Produktionsprozesses“* (DUFFNER, 1988: *S. 220*) im Rahmen des Entscheidungsprozesses bereitstellt. Dazu gehören Beiträge der Waldwachstumsforschung[5] (EDER, 1997; v. TEUFFEL, 1998) genauso wie flexible und leistungsfähige ökonomische Modelle (BITTER, 1991).

---

[1] Der Forstbetrieb ist nach SPEIDEL (1984: *S. 12*) *„(...) die organisatorische Einheit, in der entsprechend der Zielsetzung die wirtschaftlichen Prozesse im Dienst menschlicher Bedarfsdeckung vollzogen werden.“;* s. a. Fußnote 15, S. 7.

[2] S. a. MOOG (1994), SALLINGER (1994), BRABÄNDER (1994). In: LÖFFLER (Hrsg.) (1994).

[3] Unter dem Begriff wird nach BRANDL (1992: *S. 277*) eine Waldwirtschaft verstanden, *„die gezielt den starken, wertvollen Einzelstamm in den Mittelpunkt ihres Bemühens stellt und zur Erreichung dieses Zieles möglichst die natürlichen Produktionskräfte unter Reduzierung von kostenaufwendigen Eingriffen nutzt.“*

[4] Zur Marktbeeinflussung durch strategisches Marketing s. a. BERGEN et al. (2002).

[5] Zu den *„(...) großen Themen der Waldwachstumsforschung (...)“* zählt nach STERBA (1997: *S. 228*) *„die Durchforstung als forstlicher Dauerbrenner (...)“*. PRETZSCH (1995) wünscht eine Waldwachstumsforschung, die Managementmodelle in Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen entwickelt.

Die für die Wirtschaftsführung im Forstbetrieb zur Verfügung stehenden Daten und Informationen haben seit jeher ein beachtliches Ausmaß und werden zunehmend in umfangreichen betrieblichen Informationssystemen den Entscheidungsverantwortlichen bereitgestellt (VETSCHERA, 1995). Der Funktionenumfang der einzelnen Systeme variiert allerdings erheblich. Dies gilt für die Möglichkeiten zur Datenaktualisierung und -analyse sowie andererseits für die Verfahren einer weitergehenden Informationsverarbeitung im Rahmen verschiedener Planungstätigkeiten für unterschiedliche Planungszeiträume.

Der Effizienzmaßstab für die Implementierung eines Informationssystems ist nicht allein der speicherbare Datenumfang, sondern ebenso die Möglichkeit, diese Daten für Analyse- und Planungsaufgaben sowie zur faktischen Entscheidungsvorbereitung schnell, problemorientiert und kosteneffektiv nutzen zu können. Für eine zielgerichtete betriebliche Steuerung[6] sind rückblickend ausgerichtete Analyseansätze, wie diese noch überwiegend im Forstbetrieb eingesetzt werden, jedoch nur bedingt geeignet. Bei der Weiterentwicklung forstbetrieblicher Informationssysteme sind daher zunehmend zeitnahe Informationen wie auch zukunftsbezogene Entwicklungen zu berücksichtigen. Deren Einbindung in modellgestützte Planungs- und Entscheidungshilfen[7] ist wünschenswert (KÄTSCH, 1998).

Mit der Entwicklung von entscheidungsunterstützenden Systemen werden Verbesserungen für die Bearbeitung von Fragestellungen im Bereich der gesamten Unternehmensplanung erwartet (FELBERMEIER u. MOSANDL, 1999). Die Ergebnisqualität entsprechender Anwendungen hängt ganz wesentlich von der Güte der eingehenden Daten ab, die durch das Informationssystem angeboten werden. Verbesserungen im Informationsmanagement werden aktuell durch den Ansatz des Data Warehouse erwartet. Dessen Informationspotenziale können mit unterschiedlichen Verfahren des Data Mining für umfassende Analysen und Berichterstellungen aufbereitet werden und bilden eine maßgebliche Voraussetzung für höher aggregierende Entscheidungsunterstützungssysteme (WERNER, 1992). Eine verstärkte Einbindung von Sensitivitäts- und Szenarioanalysen kann die Transparenz möglicher Entwicklungsverläufe erhöhen und einen Beitrag zum Umgang mit Unsicherheiten im Planungsprozess leisten.

Untersuchungen auf dem Gebiet der strategischen Entscheidungsunterstützung im Forstbetrieb zeigen einen deutlichen Schwerpunkt auf dem Gebiet eines groß angelegten flächenhaften Waldumbaus (BITTER u. EILERMANN, 1998c; DENSBORN, 1999b; DUVENHORST, 2000; KONITZER, 2000). Die Bemühungen um einen Umbau der heimischen Wälder fußen u. a. auf Ergebnissen der Waldschadensforschung zu Beginn der achtziger Jahre. Zusammen mit geän-

[6] Zur Kritik an einer *„Steuerung der Waldwirtschaft"* s. a. SCHREYER (1991); KRAMER (2000a, b); OESTEN u. ROEDER (2002: *S. 124ff.*) .

[7] Zum Vergleich zwischen Entscheidungshilfe und Expertensystem s. a. ABETZ (1990).

derten Ansprüchen an den Wald wird eine grundsätzliche Änderung von Bewirtschaftungsstrategien diskutiert (LEIBUNDGUT, 1986; OTTO, 1989, 1992; BURSCHEL, 1990; MOSANDL, 1991, 1993; MAYER, 1992; BENTRUP, 1992; HUSS, 1992; THOMASIUS, 1992; RÖHRIG, 1994; SPELLMANN, 1995, 1996, 1999; MOSANDL u. FELBERMEIER, 2001).[8] Waldbauliche Zielkonzepte begünstigen fortan strukturreiche Mischwälder mit hohem Laubholzanteil (DUCHIRON, 2000). Baumartenanteile orientieren sich vorrangig an der standörtlichen Leistungsfähigkeit und der potenziellen natürlichen Vegetation[9] (MAYER, 1993).

Eine große Unsicherheit hinsichtlich der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Waldumbaus förderte Untersuchungen zur Folgenabschätzung veränderter forstlicher Zielkonzepte. Diese Untersuchungen waren und sind häufig auf Regionen bezogen (MÜLLER, 1994; BITTER u. EILERMANN, 1998c). Dadurch besteht allerdings die Gefahr, dass einzelbetriebliche Fragestellungen in den Hintergrund gedrängt werden und die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf den einzelnen Forstbetrieb beschränkt ist. Untersuchungen zum Waldumbau haben zudem häufig einem mehr oder weniger normativ vorgegebenen Handlungsraum zu folgen, der eine Handlungsoptimierung begrenzt. Ökonomische Untersuchungen versuchen diesen Prozess betriebswirtschaftlich zu beschreiben. Der Ansatz einer alternativen Entwicklungsoptimierung wird allerdings nur begrenzt verfolgt.

Eine Zustandsoptimierung im Sinn einer beschränkten ziel- und situationsbezogenen Anpassung von bereits weitgehend zielkonformen Waldstrukturen ist nur selten Bestandteil forstökonomischer Forschung. Untersuchungen zur mittelfristigen Zustandsoptimierung unterscheiden sich grundlegend von einem langfristig angelegten und über Generationen wirkenden Waldumbau, bei dem die betriebswirtschaftliche Forschung aufgrund der unsicheren Zukunftsprognosen trotz geeigneter Instrumente und Verfahren immer wieder an Grenzen stößt, bzw. erhebliche Akzeptanzprobleme erfährt. Durch die Feinsteuerung wachstumsrelevanter Bestandesstrukturen im Rahmen eines mittelfristigen Planungszeitraums können bei einer zielnahen Ausgangssituation bereits in bedeutend kürzerer Zeit realistische Optimierungspotenziale erreicht werden.

Somit lassen sich zwei unterschiedliche Forschungsansätze identifizieren: Eine langfristig angelegte (100–300 Jahre) Entwicklungsoptimierung mit starken Restriktionen aus normativen überbetrieblichen Zielvorstellungen. Alternativ dazu eine kurzfristigere (bis 30 Jahre) Zustandsoptimierung bei weitgehender Handlungsfreiheit vor dem Hintergrund des aktuellen

[8] Für eine historische Einordnung eines Waldbaus auf ökologischer Grundlage wird insbesondere auf die Arbeiten von RUBNER (1968); ECKHART u. MAYER (1983); HUSS (1992) und RÖHRIG (1994) verwiesen.
[9] S. a. ZERBE (1997).

Ist-Zustandes sowie des institutionellen Rahmens und unter Berücksichtigung einer einzelbetrieblichen Zielkonstellation.

Der Handlungsbedarf für eine Weiterentwicklung entscheidungsorientierter Planungs- und Steuerungskonzepte auf einzelbetrieblicher Ebene ist eng mit der schwierigen wirtschaftlichen Lage der Forstbetriebe verbunden (SCHÖLLER u. SPORS, 2001). Bewusste Nutzungsverzichte trotz hoher Holzvorräte führen teilweise zu einer desolaten Ertragslage (MOOG u. BORCHERT, 2001). Dieses *„Reservedenken"* bei gleichzeitigen Liquiditätsproblemen verstärkt den allgemeinen Rationalisierungsdruck.

Die Einführung neuer Steuerungsmodelle auf der operativen Planungsebene sowie die Budgetierung mit gestiegener betrieblicher Verantwortung und Handlungsfreiheit (MOOG u. TIMINGER, 1996; MEYER, 1997; NICK, 1997; BECK u. ZELLMANN, 1998; HEMPFLING, 2001) hat ebenfalls den Planungs- und Kontrollbedarf auf allen Planungsebenen erhöht. Der Kontrollaspekt ist dabei verstärkt als globale Kontrolle gegenüber einer Einzelfallkontrolle zu verstehen und in einem hierarchisch differenzierten Kontrollsystem zu organisieren.

1.2 Zielsetzung der Untersuchung

Mit der vorliegenden Arbeit wird das Ziel verfolgt, die Güte der betrieblichen Informationsausstattung für eine zielorientierte Entscheidungsunterstützung im Planungsprozess zu verbessern. Dazu zählt die Weiterentwicklung der naturalen Ressourcenanalyse in Form verbesserter Inventurverfahren. Hierzu wird auf das Konzept der typenorientierten Kontrollstichprobe eingegangen, die im Untersuchungsgebiet zur Erfassung der naturalen Ausgangssituation zum Einsatz kam. Zur Optimierung der Stichprobenanzahl und einer damit verbundenen Kostenreduzierung ist das um eine Vorstratifizierung erweiterte Konzept der typenorientierten Kontrollstichprobe genutzt worden.

Die zielgerechte Nutzung der erhobenen Datenmenge und der zweckgerichtete Einsatz der Informationspotenziale verlangt zusätzlich eine Erweiterung bisheriger Planungssysteme, die die erhobenen Daten zielgerichtet nutzen. In der vorliegenden Untersuchung wird daher ein Planungsverfahren auf betrieblicher Ebene exemplarisch vorgestellt, das gestützt auf ein umfangreiches Informationssystem ein alternatives Planungskonzept zur klassischen Forsteinrichtung umsetzt und somit eine zuverlässige Grundlage für die Entscheidungsträger im Forstbetrieb bieten kann. Hierzu wird ein modular aufgebautes Modellkonzept[10] entworfen, das in Form einer prototypischen Umsetzung für unterschiedliche Fragestellungen im Rahmen

[10] Zum Modellbegriff s. a. BURGER (1971); KATÓ (1973).

der forstbetrieblichen Planungsaufgaben im mittel- und langfristigen Bereich eingesetzt werden kann.

Die Notwendigkeit zur Systemintegration und zum Informationsaustausch zwischen vorgelagertem Informationssystem und nachgelagertem Entscheidungsunterstützungssystem soll nicht nur in eine Richtung zielen. Die Systemkonzeption muss genauso den Informationstransfer von der strategischen und taktischen Planungsebene in Richtung operative Anwendungsebene unterstützen können. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die Dynamik eines sich ändernden betrieblichen Umfeldes strukturell und funktional hinreichend berücksichtigt wird.

Das erarbeitete Modellkonzept wird im Rahmen der Untersuchung als Prototyp auf der Basis einer ACCESS-Datenbankapplikation umgesetzt. Eine unmittelbare Portierbarkeit dieses Systems als Software für den Einsatz auf betrieblicher Ebene ist erst nach einer weiterführenden Programmintegration der einzelnen Module möglich. Mit der Entwicklung soll zunächst die Anwendung des konzeptionellen Modellentwurfs getestet und anhand ausgewählter Beispiele bewertet werden. Dazu wird der entwickelte Prototyp für die Strategieberatung im Rahmen der wirtschaftlichen Betriebsplanung in einem Betriebsbeispiel[11] eingesetzt und auf seine Leistungsfähigkeit hin getestet, wobei insbesondere die Entwicklungen im Vermögens- und Kapitalbereich[12] (Asset Management) betrachtet werden. Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich auf Entscheidungssituationen[13] im Rahmen der Nutzungsplanung und betrachtet dabei insbesondere Aspekte der Bestandesverjüngung.

Gegenstand der Untersuchung ist die einzelbetriebliche Entscheidungsunterstützung, demzufolge sind auch die Eigentümerziele in deren hierarchischer Anordnung im betrieblichen Zielsystem hinreichend zu berücksichtigen. Bei der Auswahl des Untersuchungsbetriebes ist deshalb darauf zu achten, dass ein Betrieb mit einem repräsentativen Zielsystem ausgewählt wird. Damit wird die inhaltliche und funktionale Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf andere Forstbetriebe erleichtert. Dieses Argument gilt auch bei einer Betonung erwerbswirtschaftlicher Zielstellungen, da über alle Besitzarten hinweg eine stärkere Ausrichtung auf Multifunktionalität sowie eine stärkere Ertragsorientierung festzustellen ist.

---

[11] Vgl. Abschnitt 5.1, S. 117.
[12] S. a. OESTEN u. ROEDER (2002: *S. 64f.*).
[13] Zu den Elementen einer Entscheidungssituation s. a. OESTEN u. ROEDER (2002: *S. 104f.*).

1.3 Gliederung der Arbeit

Den wissenschaftlichen Bezugsrahmen für die Untersuchung bildet die Planungs- und Entscheidungstheorie sowie deren Anknüpfungspunkte und Querbeziehungen zum betrieblichen Informationsmanagement. Nach der Einleitung wird in Kapitel 2 der Arbeit der wissenschaftstheoretische Bezugsrahmen der Untersuchung dargestellt. Die Übersicht über den Forschungsstand nimmt Bezug auf den unternehmerischen Führungsprozess, ausgehend von der betrieblichen Datengrundlage bis zu planungs- und entscheidungstheoretischen Aspekten. Hierzu gehören ebenso Anmerkungen zum allgemeinen Informationsmanagement wie Vorbemerkungen über Methodik und Arbeitsweise im Bereich Planung und Entscheidung.

In Kapitel 3 werden diese Grundlagen in den Kontext der forstbetrieblichen Planungstätigkeit eingeordnet sowie eine Positionsbestimmung der Forsteinrichtung und aktuelle Ansätze einer simulationsgestützten Planung im Forstbetrieb erarbeitet.

In Kapitel 4 wird das entwickelte Modell in seiner Gesamtheit vorgestellt, die einzelnen Komponenten inhaltlich und funktional beschrieben sowie deren modulare Umsetzung im Rahmen einer Datenbankapplikation dargestellt. Die für das Verständnis von Inhalt und Funktion einzelner Komponenten notwendigen Literaturhinweise und begleitenden Erläuterungen zu den relevanten Arbeitsbereichen werden ebenfalls dort ergänzt. Hierbei wird versucht, die bisher veröffentlichte Literatur angemessen zu würdigen und die Anknüpfungspunkte sowie die Integration in die eigene Untersuchung herauszustellen.

Der Untersuchungsbetrieb und dessen betriebliche Zielsetzung wird zu Beginn des Kapitels 5 vorgestellt. Zum Aufbau eines Informationssystems für den Beispielbetrieb wird auf aktuelle Erhebungen der naturalen Ausstattung zurückgegriffen. Auf dieser Grundlage werden die einzelnen aus dem Modell abgeleiteten Programmmodule an die ausgewählten Planungsaufgaben angepasst und der Prototyp unter praxisrelevanten Bedingungen getestet. Bei der Ableitung von Pflege- und Nutzungsmodellen werden auch die Ergebnisse der Verjüngungsinventur beachtet.[14]

Der üblichen Gliederung folgend, wird in einem anschließenden Diskussionsteil die grundsätzliche Eignung und die methodische Einbindung der Simulation in die betrieblichen Planungs- und Entscheidungsabläufe im Forstbetrieb kritisch geprüft. Die einzelnen Module werden hinsichtlich deren Weiterentwicklungsbedarf bewertet und der Forschungsbedarf für deren Integration in ein Gesamtsystem aufgezeigt.

---

[14] S. a. Abschnitt 5.2.2.5, S. 150.

2 Struktur und Komponenten für ein Management-Support-Konzept

Unternehmen[15] lassen sich sowohl unter organisatorischen als auch funktionalen Gesichtspunkten strukturieren. Dieser Unterscheidung folgend, wird in der Managementlehre analog zwischen einem institutionellen[16] und einem funktionalen Ansatz unterschieden (NEWMAN et al., 1987; STAEHLE, 1999; HOPFENBECK, 2000). Dabei wird mit dem funktionalen Ansatz ein Komplex aufeinander abgestimmter Aufgaben beschrieben, die zur Steuerung eines Systems beitragen. Diese Steuerungshandlungen im Leistungsprozess sind prinzipiell unabhängig von einer Fixierung auf bestimmte Führungsebenen und koordinieren den Einsatz von Ressourcen ebenso wie die einzelnen Sachfunktionen.[17]

Die komplexe Funktion des Managements[18] lässt sich in eine logisch abgrenzbare Menge von Teilaufgaben untergliedern. Die Zahl der entwickelten Managementkataloge ist inzwischen fast unüberschaubar angewachsen. Aus den einzelnen Konzepten lassen sich allerdings einige Basisfunktionen ableiten, die als *„klassischer Fünferkanon“* der Managementfunktionen vorgestellt werden (KOONTZ u. O'DONNELL, 1955; STEINMANN u. SCHREYÖGG, 1997). Dazu zählen Planung, Organisation, Personaleinsatz, Führung, Kontrolle. Die Entscheidung wird in diesem Konzept nicht als eine eigenständige Funktion angesehen, sondern als Metafunktion, die in jeder einzelnen Managementfunktion, so auch der Planung, wiederzufinden ist.

In den gängigen Managementkonzepten werden die einzelnen Funktionen als eine aufeinander aufbauende Abfolge von Aufgaben beschrieben, die insgesamt einen geschlossenen Managementprozess bilden. Dabei stellt die Planung im Phasenablauf den logischen Ausgangspunkt des Gesamtprozesses dar. Aufbauend auf eine operationale Zielbestimmung werden im Planungsprozess alternative Handlungsoptionen entworfen, unter denen abschließend eine

[15] Der Begriff *„Unternehmen“* oder *„Unternehmung“* ist in der Betriebswirtschaftslehre nicht eindeutig definiert und das Verhältnis beider Begriffe zum Begriff *„Betrieb“* wird unterschiedlich gedeutet. Aus Vereinfachungsgründen werden die Begriffe häufig synonym verwendet. Nach WÖHE (1993) ist ein Unternehmen bzw. ein Betrieb eine planvolle organisatorische Wirtschaftseinheit, in der Sachgüter und Dienstleistungen erstellt und abgesetzt werden. *„Die Betriebe des marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystems bezeichnet man als Unternehmungen. Die Unternehmung ist also eine historische Erscheinungsform des Betriebes“* (WÖHE, 1993: *S. 448*). Andere Definitionen gehen davon aus, dass die Unternehmung oder das Unternehmen den rechtlich und organisatorischen Rahmen bildet, in dem ein Betrieb oder mehrer Betriebe tätig sind. Andererseits findet der Begriff des Betriebes auch als Oberbegriff zum Unternehmen Verwendung.

[16] Eng mit dem institutionellen Managementansatz sind auch verhaltenstheoretische Aspekte der Unternehmensführung verknüpft, die durchaus wesentlichen Einfluss auf eine streng funktionale Ausrichtung ausüben.

[17] Hierzu gehören Einkauf, Produktion und Verkauf (STEINMANN u. SCHREYÖGG, 1997: *S. 31*).

[18] Gleichbedeutend ist auch der Begriff der Unternehmensführung verwendbar. Im Text wird aber überwiegend von Management gesprochen, da die Literatur vorwiegend englischsprachig ist. Dementsprechend wird auch für die unterstützenden Instrumente der Begriff Management verwendet (Management-Support-System [MSS]).

zielkonforme Auswahl und Entscheidung getroffen wird. Damit zeigt sich, dass auch die Planung, ebenso wie der gesamte Managementprozess, in Teilaufgaben zerfällt.[19]

Streng funktionale Beschreibungen des Planungsprozesses (WILD, 1981; WELGE u. AL-LAHAM, 1992; THIEM, 1998; SCHREYÖGG, 1998) nennen als Teilphasen:

- Zielbildung
- Problemanalyse
- Alternativensuche
- Alternativenbewertung
- Auswahlentscheidung

STEINMANN u. SCHREYÖGG (1997) beziehen zusätzlich eine Zeitkomponente mit ein, die zur Abgrenzung von zeitlich unterschiedlichen Planungshorizonten führt. Von einer lang- zur kurzfristigen Orientierung beinhaltet die Planung danach die Festsetzung von Zielen, Rahmenrichtlinien, Planungsprogrammen und Verfahrensweisen zur Programmrealisierung.

Die Bedeutung der Information für den Managementprozess, und dort insbesondere für das Subsystem der Planung, liegt darin begründet, dass zahlreiche betriebliche Planungsprobleme überwiegend auf Informationsdefizite zurückzuführen sind. Eine Problemlösung beinhaltet in einem ersten Schritt, die planungs- und entscheidungsrelevanten Informationen zu identifizieren, um diese dann anschließend zu beschaffen. Eine informationsverarbeitende Planung bezieht relevante Daten und Informationen aus den vorhandenen Betriebsdaten und aus modellgestützten Prognoseverfahren zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungstendenzen.

2.1 Idealtypisches Modellkonzept

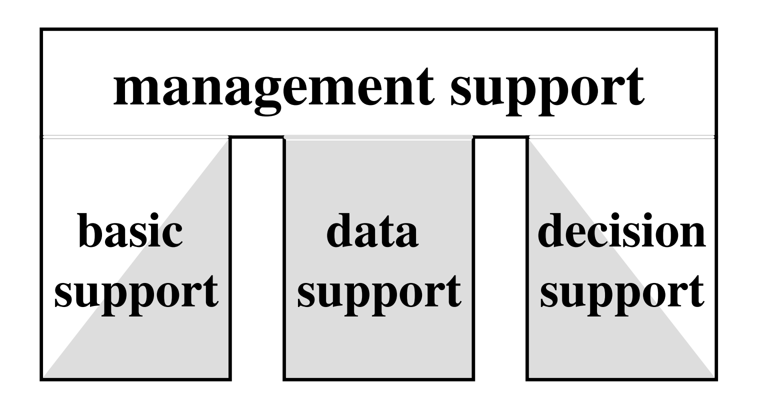
Das Arbeitsgebiet der Untersuchung ist die auf einer verlässlichen Informationsbasis gestützte strategische Unternehmensplanung[20] mit deren horizontaler Integration in kürzerfristige Planungsperioden sowie deren Anbindung an die praktisch-normative Entscheidungstheorie. Die methodisch-theoretischen Grundlagen dazu werden nachfolgend dargestellt. Die Gliederung des folgenden Kapitels orientiert sich an einem ausgewählten Basismodell für ein Management-Support-System.

[19] Vgl. Abschnitt 2.3.2.1, S. 21.

[20] Wenn von einer strategischen Planung gesprochen wird, gilt die Definition der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre (MINTZBERG, 1995). Im forstlichen Bereich sind die Zeithorizonte teilweise erheblich länger, so dass dort die strategische Planung Zeiträume von einer Umtriebszeit umfasst, die bei der Eiche durchaus 250 Jahre oder mehr betragen kann. Strategische Planung im allgemein betriebswirtschaftlichen Verständnis ist hingegen auf deutlich kürzere Zeiträume beschränkt.

GABRIEL u. GLUCHOWSKI (1998) konzipieren ein Management-Support-System mit drei Struktureinheiten, die als selbstständige Module mit gegebenenfalls weiteren Teilmodulen die Systemarchitektur bilden (Abb. 1). Die einzelnen Struktureinheiten werden aus den fachlichen Anforderungen abgeleitet, die ein solches System als Mindestleistung erbringen sollte (LAUDON u. LAUDON, 1994; GRIMM, 1995; REINERSMANN, 1997). Die Dreiteilung umfasst zunächst einen Bereich für allgemeine Büro- und Kommunikationstätigkeiten (Basic and Communication Support). Als zweiter und dritter Bereich wird die Informationsversorgung (Data Support) sowie die Planungs- und Entscheidungsunterstützung (Decision Support) integriert. Die beiden letztgenannten Funktionsbereiche werden im Weiteren ausführlicher vorgestellt.

***Abb. 1**: Die drei Säulen des Management Supports.*



2.2 Informationsbereitstellung – Data Support

2.2.1 Der betriebliche Informationsprozess

Um die betrieblichen Ziele unter Einsatz der betrieblichen Ressourcen möglichst effizient zu erreichen, müssen stetig Entscheidungen gefällt und Handlungsanweisungen umgesetzt werden. Die Auswertung betriebsinterner und -externer Informationen bietet dazu die Basis. Der Informationsprozess stellt damit eine wesentliche Grundvoraussetzung für eine planmäßige Zielerfüllung dar. Die gesamte Unternehmensführung wird durch generiertes Wissen geplant, gesteuert und kontrolliert.

Im betriebswirtschaftlichen Umfeld werden Informationen in zweierlei Hinsicht eingesetzt:

- Zur strategischen Unternehmensausrichtung.
- Zur operativen Steuerung der Leistungs- und zur Kontrolle der Wertschöpfungsprozesse.

Die Begriffe *„Daten"* und *„Information"* werden sowohl in der Literatur als auch in der betrieblichen Praxis nicht einheitlich beschrieben und verwendet. Informationen sind im ökonomischen Sinn eigenständige Güter. Innerhalb der ökonomischen Theorie wird die pragmatische Dimension von Informationen als zweckgerichtetes bzw. zielorientiertes Wissen betont.

Daten werden zu Informationen, wenn bisher unbekannte Sachverhalte offen gelegt werden und sich mit ihnen ein Nutzenaspekt verbindet.

Der betriebliche Informationsprozess garantiert dabei die Transformation von Daten über Informationen zu handlungsrelevantem Wissen (SCHMIDT, 1999; KRCMAR, 2000; VOß u. GUTENSCHWAGER, 2001). Der Wert einer Information wird durch deren Relevanz für eine zu treffende Entscheidung bestimmt (BIETHAHN et al., 2000). Nach dem Informationsparadoxon von ARROW (1971) kann der Nutzen einer Information allerdings erst dann bestimmt werden, wenn die Information bekannt ist. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Informationen stößt durch die oft fehlende Quantifizierbarkeit und das Informationsparadoxon auf Schwierigkeiten. Die Erstellung eines Kosten-Nutzen-Kalküls ist vorab nicht möglich.

Die Abweichung von Informationsbedarf und tatsächlichen Informationen in konkreten Entscheidungssituationen führt zu Unsicherheiten. Unsicherheiten können hinsichtlich der möglichen Handlungsalternativen, deren Bewertung oder auch der lokalen sowie globalen Umweltgegebenheiten bestehen. Entscheidungsprobleme resultieren oftmals erst aus Veränderung in der Umwelt oder zeitlich vorgelagerten Entscheidungen.

Das Informationsmanagement umfasst die Gestaltung des Informationssystems basierend auf der Analyse des Informationsbedarfes einzelner Entscheidungsträger mit dem Ziel, die Effizienz[21] bzw. Effektivität[22] der von den Entscheidungsträgern zu treffenden Entscheidungen zu erhöhen. Zu diesem Zweck müssen die relevanten Informationen zeitnah zur Weiterverarbeitung verfügbar sein. Diese Anforderungen werden von Data-Support-Systems erfüllt. Computergestützte Anwendungssysteme sollten den ständigen Zugriff auf die Datenbestände sowie die Aufbereitung, Auswertung und Darstellung der Informationen in benutzerfreundlicher und effizienter Form ermöglichen. Als Basis dienen Datenbanksysteme, in denen die Informationen nach unterschiedlichen Datenmodellen organisiert sind (BISKUP, 1995).

2.2.2 Informationsbedarf und -bereitstellung im Forstbetrieb

Für das Daten- und Informationsangebot im Forstbetrieb gilt, dass eine große Datenmenge erhoben wird, der Aufnahmeaufwand allerdings in einem zum Teil ungünstigen Verhältnis zu dem erzielten Informationsgewinn steht (BITTER, 1990; HACKL, 1993; JÖBSTL u. KARISCH,

[21] Effizienz ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit (Produktivität) des Mitteleinsatzes, bzw. konkreter: Die Effizienz setzt die Kosten der eingesetzten Mittel in Relation zur Menge der erbrachten Leistungen (WÖHE, 1993). Zum Begriff *„Effizienzkriterium"* s. a. BERGEN et al. (2002).

[22] Effektivität ist ein Maß für die Wirksamkeit (Zielerreichung) bestimmter Maßnahmen, bzw. konkreter: Die Effektivität vergleicht den erreichten Nutzen der erbrachten Leistungen mit dem angestrebten Nutzen (WÖHE, 1993).

2000). Dieses Missverhältnis kann mehrere Ursachen und Gründe haben. Grundsätzlich kann der datenverarbeitende Prozess mit der Ableitung bedarfsbezogener Informationen inhaltliche und technische Mängel aufweisen, die mit forstbetrieblichen Besonderheiten begründet werden können.

Ursächlich für Informationslücken kann u. a. sein, dass für einen bestehenden Informationsbedarf die falschen Daten erhoben werden oder die erhobenen Daten nicht ausreichend sind. Der datenverarbeitende Prozess ist dann ungenügend und fehlerhaft und führt zur Ableitung unzutreffender Informationsbestände. Schließlich können Informationsmängel zur zielgenauen Unternehmenssteuerung auf das offenkundige Fehlen eines leistungsfähigen Informationssystems zurückzuführen sein (FALK u. LANGER, 2001). Positive und entscheidende Impulse für eine verbesserte und zeitnahe Bereitstellung steuerungsrelevanter Informationen ergeben sich auch aus den Entwicklungen im Bereich des Rechnungswesens (NEFT, 2000; MÜLLER, 2000) und hier speziell bei der forstlichen Erfolgsrechnung (KALKKUHL et al., 2001).

Vertiefend führt BITTER (1990) die zweifelsfrei belegbaren Informationsdefizite im Forstbetrieb neben den grundsätzlichen Problemen der Informationsgenerierung auf einige spezifische Eigenheiten der forstlichen Produktion zurück (OESTEN, 2002). Durch die Langfristigkeit der Forstwirtschaft, zusammen mit den unabsehbaren Folgen gegenwärtiger Entscheidungen in der betrieblichen Produktionsplanung, sind die Auswirkungen heute getroffener Entscheidungen für die zukünftigen Ergebnisse schwer kalkulierbar. Informationen, die aus einer rückwärts gerichteten Analyse des Bestandeswachstums erzielt werden können,[23] werden zudem durch anthropogene Prozesse[24] überlagert und lassen eine Fortschreibung problematisch erscheinen.

Zur Erfassung dieser Entwicklungsdynamik sind mittlerweile Modellansätze vorhanden, die anthropogen verursachte Störgrößen berücksichtigen und bei der Entwicklungsprognose mit einbeziehen. Die Komplexität der Umwelt und die Dynamik wirtschaftlicher Rahmenbedingungen sind aber gerade bei langen Produktionsperioden schwer zu erfassende Größen. Geeignete Instrumente zur Erhöhung der Planungsqualität sind hier vor allem Verfahren der Szenarioanalyse sowie Sensitivitätsstudien.

[23] Hier sei insbesondere auf die Wuchsreihenanalyse verwiesen (MAGIN, 1963, 1966).
[24] Stoffeinträge in das Waldökosystem beeinflussen das Wuchsverhalten nachhaltig und führen bei der Zuwachsschätzung zu erheblichen Problemen (PRETZSCH, 1992b).

2.2.2.1 Veränderte Rahmenbedingungen

Ursachen für Informationsdefizite und gleichzeitig Anstoß zur Entwicklung effektiverer Informationssysteme[25] sind u. a. die Standortsdynamik, Immissionen und zunehmende Revier- bzw. Betriebsgrößen. Davon ungeachtet bleibt die Langfristigkeit der forstlichen Produktion das größte Problem der forstlichen Betriebsführung.

Eine standortsbezogene und zielgerichtete Waldwirtschaft, bei kleinflächig strukturierten Bestockungsverhältnissen sowie einem steigenden Mechanisierungsgrad, ist ohne eine leistungsfähige GIS-gestützte Datenhaltung für größere Betriebseinheiten bei abnehmender Personalausstattung kaum zu gewährleisten (SPORS et al., 1992; v. TEUFFEL u. KREBS, 1996). Zusammen mit der Entwicklung anspruchsvoller waldbaulicher Zielvorgaben, die stärker gemischte und oft mehrschichtige und damit strukturreichere Wälder fördern, wird die zentrale Aufgabe einer waldbaulichen Steuerung zusehends schwieriger und ist durch hinreichend präzise Daten und Informationen zu unterstützen. BITTER (1990: *S. 15*) stellt allerdings gerade für diese Leistungsfunktion fest, *„(...) dass wichtige Daten meist nur unvollständig vorhanden sind und ihre Aufarbeitung selten problemorientiert erfolgt.“*

2.2.3 Innovatives Informations- und Wissensmanagement

Die kurzen Ausführungen in Abschnitt 2.2.2 haben gezeigt, dass Informationsbedarf und -ausstattung im Forstbetrieb oft in einem wenig günstigen Verhältnis zueinander stehen. Dabei ist zu beachten, dass die gegenwärtig meist kostenintensive Forsteinrichtung auf der Basis der vorhandenen Ansätze und bei einer effizienteren und zielgerichteteren Verfahrensgestaltung erhebliche Informationspotenziale bereitstellen könnte.

Die Bezugs- und Referenzbasis für den eigenen Modellentwurf zum Informationsmanagement soll nachfolgend anhand der einschlägigen Literatur zum Data support geschaffen werden. Eine enge Orientierung und formale Ausrichtung an den betrieblich relevanten Fragestellungen und den daraus abgeleiteten individuellen Informationsbedürfnissen fördert problemorientierte Systeme mit flexiblen Abfragemöglichkeiten (ROGG, 2001). Allerdings erschweren einige mehr oder weniger deutlich erkennbare forstbetriebliche Besonderheiten eine unmittelbare Übertragung gängiger und weit verbreiteter Anwendungen aus dem industriellen Bereich. Dennoch sind auch beim Entwurf forstbetrieblicher Informationssysteme einige verbindliche und übergreifende Prinzipien zu berücksichtigen (KRUGER, 1998; THOMAS u. NAGEL-NIEMANN, 1999). Eine hinreichende Berücksichtigung der naturalen Grundlagen ist

[25] Dies gilt u.a. für die Datenbestände aus der seit 1984 jährlich erfolgenden Waldzustandserhebung (WZE) und der zwischen 1987 und 1993 durchgeführten bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE) (WOLFF u. RIEK, 1997).

für die forstliche Produktion als ein Zweig des primären Sektors selbstverständlich. Zusammen mit dem aus der Flächenausdehnung resultierenden Raumbezug, der engen Vernetzung mit der natürlichen Umwelt und der Länge der mittelfristigen Planungsperiode sind weitere bestimmende Merkmale benannt.

2.2.3.1 Computergestützte Anwendungssysteme

Aus der großen Bedeutung von Informationen für die Unternehmensführung leitet sich der Bedarf an computergestützten Managementwerkzeugen ab. Computergestützte Systeme werden in allen Funktionsbereichen und Betriebsebenen zur Durchführung strategischer und operativer Aufgaben eingesetzt. Zur Realisierung computergestützter Anwendungssysteme existieren vielfältige Ansätze, die u. a. als Informations-, Planungs- und Entscheidungsunterstützungssysteme bezeichnet werden. Anwendungssysteme, die dispositive bzw. leitende Tätigkeiten im Rahmen von Planungs- und Entscheidungsprozessen unterstützen, werden überwiegend als Management-Unterstützungs-Systeme (MUS) oder Management-Support-Systems (MSS) bezeichnet (DAVIS, 1997).[26]

2.2.3.1.1 Systemvielfalt und Entwicklungsstufen

Abweichungen im Funktionenumfang, Einsatz auf unterschiedlichen Führungsebenen, ebenso wie die Bevorzugung englischsprachiger oder entsprechender deutscher Umschreibungen, führt zu einer fast unüberschaubaren Begriffsvielfalt. Konkrete Ausprägungen von Managementunterstützungssystemen sind MIS (Management-Information-Systems), EIS (Executive-Information-Systems[27]), DSS (Decision-Support-Systems) und ESS (Executive-Support-Systems[28]).

Einzelne Systemkategorien werden bestimmten Ebenen des Planungs- und Kontrollsystems zugeordnet. Das MIS wird in das Berichts- und Kontrollsystem, das EIS in das Analyse- und Informationssystem und das DSS in das System zur Unternehmensplanung und -führung eingeordnet (PARKER u. CASE, 1993; HICHERT, 1995). Der Ende der sechziger Jahre des 20. Jh. entstandene MIS-Begriff wird wie folgt zusammengefasst:

*„**Management-Informations-Systeme** (MIS) sind EDV-gestützte Systeme, die für Manager verschiedener Hierachieebenen detaillierte und verdichtete Informationen aus der operativen Datenbasis ohne Modellbildung und logisch-algorithmische Bearbeitung (Methoden) extrahieren“* GLUCHOWSKI et al. (1997: *S. 152*).

[26] Entsprechend der in Abschnitt 2.1, S. 9 vorgestellten Abbildung 1 wird mit einem MSS der Rahmen vorgegeben, in dem spezielle Anwendungsentwicklungen realisiert werden können.

[27] Synonym finden auch die Begriffe Führungsinformationssystem (FIS) oder Vorstands-Informations-System (VIS) Verwendung.

[28] Synonym auch Entscheidungs-Unterstützungs-System (EUS), vgl. SPRENGER (1986).

Als Einsatzbereich des MIS kann z. B. das operative Controlling gelten, um auf Kennziffern und Indikatoren zugreifen zu können, und um Abweichungen zwischen Ist-Daten und zuvor aufgestellten Budgetwerten aufzudecken und zu analysieren.

Executive-Information-Systems ermöglichen bereits verbesserte Präsentationsformen und Zugriffsmöglichkeiten. In frühen Phasen des Entscheidungsprozesses ermöglichen diese eine explorative Datenbereitstellung ohne allerdings Entscheidungsmodelle zur Selektion und Analyse anzubieten. Die höchste Stufe der modellbasierten Managementunterstützung wird mit den Decision-Support-Systems erreicht.[29]

Das in dieser Untersuchung entwickelte Modellkonzept versucht alle drei Entwicklungsstufen zu integrieren. Es wird eine einfache Informationspräsentation ermöglicht, die über statistische Auswerteverfahren bereits eine höhere Stufe der Datenanalyse erreicht bis hin zur Entwicklung einer modellgestützten Planungs- und Entscheidungshilfe.[30]

Aktuelle Verfahrenserweiterung für MIS und EIS sind das Data-Warehouse-Konzept und einzelne Analyseverfahren, die unter dem Begriff des data mining zusammengefasst werden können. Der Ansatz des Data Warehouse erlangt zusehends Bedeutung, da bei der Ausgestaltung von MSS auf eine umfassende Datenbereitstellung sowie auf eine stets steuerungs-(führungs-) gerechte Aufbereitung der zur Verfügung stehenden Datenvolumina fokussiert wird.

In den neunziger Jahren des 20. Jh. wurde mit dem Data Warehouse[31] ein innovativer Ansatz zur wirksamen Unterstützung von Entscheidungsträgern bei Verwaltung, Bereitstellung und Zugriff auf entscheidungsrelevante Datenbestände begründet (GÜNZEL, 2001). Das Data Warehouse stellt dabei als unternehmensindividuell konzipiertes und realisiertes Instrument eine umfassende Informationsbasis zur Unterstützung von Managementaufgaben zur Verfügung (CHAMONI, 1999; LUSTI, 1999).

In der Literatur wird das Data Warehouse eher als ein Konzept zur problemorientierten und anforderungsgerechten Datenbereitstellung sowie weniger als eine konfigurierte Systemkomponente verstanden. Das Data Warehouse[32] stellt themenorientierte Informationen als Zeitrei-

---

[29] Vgl. Abschnitt 2.3.3, S. 22.
[30] Vgl. Kapitel 4, S. 59.
[31] Gleichbedeutend findet auch der Begriff *„Information Warehouse"* Verwendung.
[32] Als logische Weiterentwicklung des Data Warehouse werden Knowledge Management, Portale, Computer Aided Decision Support (CADS) und Operational Data Stores genannt (INMON et al., 2001). Beim CADS besteht z. B. die Möglichkeit neben den reinen Data Warehouse Funktionen zusätzlich auch Simulationen und/oder Prognosen zu erstellen.

hendaten zur Verfügung, indem aus unterschiedlichen Quellen Daten bezogen und bedarfsgerecht aufbereitet werden (HANNIG, 1996).

Hinsichtlich der systemtechnischen Anforderungen an ein Data Warehouse wird davon ausgegangen, dass die Bereitstellung der entscheidungsrelevanten Daten von den operativen Anwendungssystemen abgekoppelt sein sollte (MUCKSCH, 1999; BAUER, 2001). Kernkomponente eines Data Warehouse ist eine relationale Datenbank mit entsprechenden Abfrage- und Analysemöglichkeiten (INMON, 1966; ANAHORY u. MURRAY, 1997). Eine gängige Definition (HOLTHUIS et al., 1995: *S. 8*) lautet:

„Das ***Data Warehouse*** *ist ein unternehmensweites Konzept (...), das als logischer zentraler Speicher eine einheitliche und konsistente Datenbasis für die vielfältigen Anwendungen zur Managementunterstützung bietet und losgelöst von den operativen Datenbanken betrieben wird.“*[33]

Als Abwandlung von unternehmensweiten Data-Warehouse-Konzepten werden für die Bereitstellung von funktionsbereichsspezifischen Datenbasen einfachere Data Marts eingesetzt. Diese enthalten eine für spezielle Aufgabenstellungen abgestimmte Informationsbasis, die lediglich einen Teilausschnitt der unternehmensweiten Informationspotenziale umfasst. Der Anwendungsbereich für die Nutzung dieser abgestimmten Datenmenge mit entscheidungsrelevanten Inhalten reicht von einer reinen Informationsversorgung (Data Support) bis hin zur Nutzung der Datenbasis für anspruchsvollere Anwendungen aus dem Bereich des Decision Support (GRAY u. WATSON, 1998).

Der Aufbau einer entscheidungsorientierten Informationsbasis nach dem Data-Warehouse-Konzept sowie die Nutzung dieser analytischen Informationsbasis kann sowohl für forstbetriebliche Fragestellungen im Rahmen der Strategiebestimmung für Produktionsentscheidungen als auch auf operativer Ebene sinnvoll sein. Beispielsweise stellt SANDER (2000) die Zielsetzung und den Aufbau eines Informationssystems zur Betriebssteuerung in Niedersachsen vor. Dabei verweist SANDER (2000: *S. 150*) auf den klassischen Data-Warehouse-Ansatz, der durch das Zusammenführen von *„Daten aus unterschiedlichen Quellen (...) in einer unternehmensweiten Datenbank mit integriertem Datenmodell“* mit dem niedersächsischen Informationssystem verwirklicht wird. Datenquellen sind neben den Forsteinrichtungsdaten die Vollzugsdaten, die über einen Abgleich mit den Plandaten jederzeit ein aktuelles Bild ergeben.

[33] Aus der Definition geht hervor, dass ein Data Warehouse zunächst nur ein Datenbanksystem ist, *„in dem die für decision support-Anwendungen notwendigen Daten eines Unternehmens in konsolidierter Form gesammelt werden.“* (KEMPER u. EICKLER, 1999: *S. 459*).

Die Stammdaten aus den Außenaufnahmen der bestandesweisen Forsteinrichtung werden ergänzt durch Betriebsstichprobendaten, Biotopkartierungen und weitere Flächeninformationen über eine GIS-Einbindung. Zusammen mit den operativen Daten, die Ergebnisse der Kosten- und Leistungsrechnung sowie sonstige Daten des Controlling enthalten, werden die Informationen unternehmensweit für verschiedene Hierarchieebenen bereitgestellt.

Zur Sichtung und Analyse der in einem Data Warehouse gespeicherten Datenbestände werden Techniken eingesetzt, die unter dem Stichwort des Data Mining diskutiert werden (FAYYAD, 1996; ADRIAANS u. ZANTINGE, 1998; SÄUBERLICH, 2000; HAN u. KAMBER, 2001). Beim Data Mining werden *„große Datenmengen nach bisher unbekannten Zusammenhängen"* durchsucht (KEMPER u. EICKLER, 1999: *S. 468*). Zu den Methoden der Datenexploration können viele aus der beschreibenden Statistik bekannte Verfahren gezählt werden (HOLSHEIMER u. SIEBES, 1994). So lassen sich mittels Data Mining Hypothesen über funktionale Abhängigkeiten aufstellen, relationale oder korrelative Beziehungen aufdecken und Datenbestände mit Hilfe von Klassifikationsverfahren sinnvoll gruppieren.

RAJANOWA u. HEMPEL (1996) verwenden die Datenvisualisierung als eine Data Mining Methode zur Analyse einer Waldökosystemdatenbank und stellen die theoretischen Grundlagen einiger weiterer Verfahren vor. Auf die Möglichkeiten eines analytischen Data Minings zum entscheidungsorientierten Einsatz der erhobenen Daten wird auch von SANDER (2000) hingewiesen.

2.3 Planungs- und Entscheidungsunterstützung – Decision Support

Nach dem Grundverständnis der klassischen Managementlehre fußen alle Handlungen zur betrieblichen Steuerung auf dem Prozessparadigma. Die Unternehmensführung ist demnach eine systematische Abfolge von Handlungsfunktionen, an deren Anfang Planungsentwürfe stehen. Diese hervorgehobene Stellung der Planung in der Konstruktionslogik des Managementprozesses führte zum Primat der Planung und zum Paradigma der plandeterminierten Unternehmensführung (KOONTZ u. O'DONNELL, 1955).[34] Die Aufgabe der betrieblichen Steuerung und die Sicherung des Unternehmenserfolges wird nach diesem Konzept von der Planung dominiert.

Aus diesem Planungsverständnis leitet sich der Anspruch nach einem vollständigen Handlungsentwurf ab, der alle planungskritischen Bereiche antizipiert. Eine derart weitgefasste Planungsfunktion ist allerdings nur unter engen Voraussetzungen denkbar. Dazu gehört die

[34] Vgl. WEIHRICH u. KOONTZ (1993: *S. 119).*

lückenlose Erfassung der Wirkzusammenhänge der Umwelt, die exakte Prognose[35] auftretender Änderungen, ebenso wie die vollständige Beherrschung des komplexen Handlungssystems im Betrieb. Beide Annahmen sind offenkundig unrealistisch und führen zu einer kritischen Überprüfung der Planungsfunktionen (SCHREYÖGG, 1991, 1993), die zu einer differenzierten Einschätzung über die Leistungsfähigkeit von Planungen führen muss.[36]

Das klassische Modell einer plandeterminierten Unternehmensführung erweist sich damit als ein zu enger Bezugsrahmen, so dass das Primat der Planung empirisch und konzeptionell nicht aufrechtzuerhalten ist. Ein erweitertes Verständnis von Planung löst sich somit von der Vorstellung, die Umweltkomplexität und -unsicherheit restlos zu beherrschen und erkennt die Störungsanfälligkeit sowie die Beschränkung bei der Abbildung des betrieblichen Wirkungsgefüges an. Die Planung beinhaltet damit stets eine Unbestimmtheit,[37] die sowohl bei der Entwicklung von Planungskonzepten hinreichend Berücksichtigung finden muss als auch bei der Ergebnisbewertung ausreichend beachtet werden sollte (BRAUERS u. WEBER, 1986; HAMMER, 1998).

2.3.1 Entscheidungsorientierte Betriebswirtschaftslehre

Zur Bearbeitung betrieblicher Planungs- und Entscheidungsprozesse wurden in der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre verschiedene, sehr unterschiedliche Ansätze entwickelt (GUTENBERG, 1958; ULRICH, 1968; HEINEN 1968, 1976a, b; WERNERFELT, 1984). Bei der Planung und Entscheidung handelt es sich überwiegend um einen informatorischen Prozess, der ausgehend von einem Ist-Zustand unter Berücksichtigung von Zielen über einen Lösungsprozess mehrere Handlungsalternativen ableitet.

Die theoretische Basis für die vorliegende Untersuchung bildet die präskriptive Entscheidungstheorie. Diese entwirft Handlungsanweisungen und Hilfssysteme, die bei gegebener Zielsetzung und Akzeptanz des Rationalitätsprinzips die Auswahl einer entsprechenden Handlungsanweisung unterstützen (HEINEN, 1969, 1971). Der gewählte präskriptive Wissenschaftsansatz negiert dabei keineswegs die Bedeutung verhaltensorientierter Ansätze[38] (SCHANZ, 1977;[39] DETERS, 1990; STAEHLE, 1999).

---

[35] In der Wissenschaftstheorie wird unter einer Prognose allgemein eine wohlbegründete Erwartungspräferenz verstanden. Prognosen sind stets bedingte Aussagen, denn sie sind an Voraussetzungen und Bedingungen gebunden. Bei der Szenariokonstruktion wird dagegen versucht, diese Bedingungen systematisch zu variieren. Szenarien sind somit hypothetisch und keine Prognosen. Durch eine stärkere Ausrichtung an Optionen und Alternativen gegenüber einlinigen Prognosen hat der Szenariobegriff zumindest teilweise den Prognosebegriff in seiner methodischen Funktion abgelöst (STEINMÜLLER, 1997).

[36] Vgl. KRAMER (2000b).

[37] Vgl. Abschnitt 2.3.3.1.2, S. 25.

[38] Vgl. Abschnitt 6.1, S. 233.

[39] Vgl. SCHANZ (1995).

Entscheidungen zu treffen, ist ein selbstverständlicher und tagtäglicher Vorgang in Unternehmen. Dabei beruhen die Entscheidungen auf dem persönlichen Wissen der Entscheidungsträger. Die Auswirkungen einer Entscheidung beeinflussen und verändern die betriebliche Situationen ständig. Entscheidungstheoretische Ansätze definieren den Begriff der Entscheidung unterschiedlich. Nach Petkoff (1998) liegt die besondere Problematik einer Begriffspräzisierung weniger in der Vielzahl der damit bezeichneten Tatbestände und Ausprägungen, als vielmehr in einer fehlenden terminologischen Bestimmung in entscheidungstheoretischen Arbeiten.

2.3.1.1 Gruppen betrieblicher Problemstrukturen und Entscheidungssituationen

Die Ansätze einer entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre sind für unterschiedliche Problemstellungen auf verschiedenen Führungsebenen einsetzbar. Eine Klassifikation betrieblicher Problemstrukturen wird häufig in stark abstrahierter Form in zwei Gruppen vorgenommen:[40]

- In gut strukturierte Probleme
- In schlecht strukturierte Probleme

Die beiden Entscheidungsformen treten in den genannten Ausprägungen nur selten auf, häufiger liegen semistrukturierte Entscheidungssituationen vor. Je nach Ausgangslage der Entscheidungssituation differenziert sich der Problemlösungsprozess. Ist eine vollständige Strukturierung gegeben, kann die Entscheidung von einem Decision-Support-System (DSS) selbstständig gelöst werden.[41] Bei vollständig unstrukturierten Problemen ist der menschliche Entscheidungsträger bei Beurteilung und Bewertung entscheidend.[42] Die Entscheidung wird also ohne ein DSS getroffen. Bei der Lösung semistrukturierter Probleme kann ein Entscheidungsträger durch ein DSS sinnvoll unterstützt werden.

In nicht vollständig strukturierbaren Problembereichen, wie diese im Bereich des Decision Support im Forstbetrieb häufig sind, da unendlich viele Phänomene, Fakten und Verhaltensmuster (KRAMER, 2000b, 2002) maßgeblich sind und die Interdependenzen vielfältig, ist eine vollständige Wissensrepräsentation schwierig. Der Einsatz von DSS ist hier Entscheidungsunterstützung, das Bemühen um Systemunterstützung kann und sollte aber nicht auf eine vollständige Automatisierung gerichtet sein. Dies ist weniger eine auferlegte Selbstbeschränkung als eine aus den Entscheidungsproblemen im Forstbetrieb abgeleitete Notwendigkeit.

---

[40] Vgl. PETKOFF (1998: *S. 72)*.
[41] Künstliche Intelligenz, vollständige Automatisierung.
[42] Intuition und Heuristik dominieren.

Nach der Reichweite einer Entscheidung können die konzeptionelle strategische und die aktionsbezogene operative Ebene unterschieden werden. Für beide Ebenen erbringt die Planung mit unterschiedlicher methodischer Ausrichtung die Entscheidungsvorlagen.

2.3.1.2 Ansätze zur betrieblichen Problemlösung und Entscheidungsfindung

Innerhalb der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre werden zur Problemlösung zwei methodische Ansätze unterschieden (NEWELL u. SIMON, 1972; PFOHL u. BRAUN, 1981).[43] Neben einer deskriptiven[44] Vorgehensweise (WITTE, 1986; SIMON, 1997; CYERT u. MARCH, 1999[45]) wird mit dem präskriptiven[46] Ansatz in der Phase einer Entscheidungsvorbereitung eine Menge an möglichen Handlungsoptionen beschrieben und innerhalb einer nachgelagerten Entscheidungsphase durch nummerische Verfahren eine optimale oder satisfizierende Lösung analytisch abgeleitet (DINKELBACH, 1982; HANSSMANN, 1995; HOMBURG, 1998). Beide Ansätze unterscheiden sich im Lösungsweg deutlich.

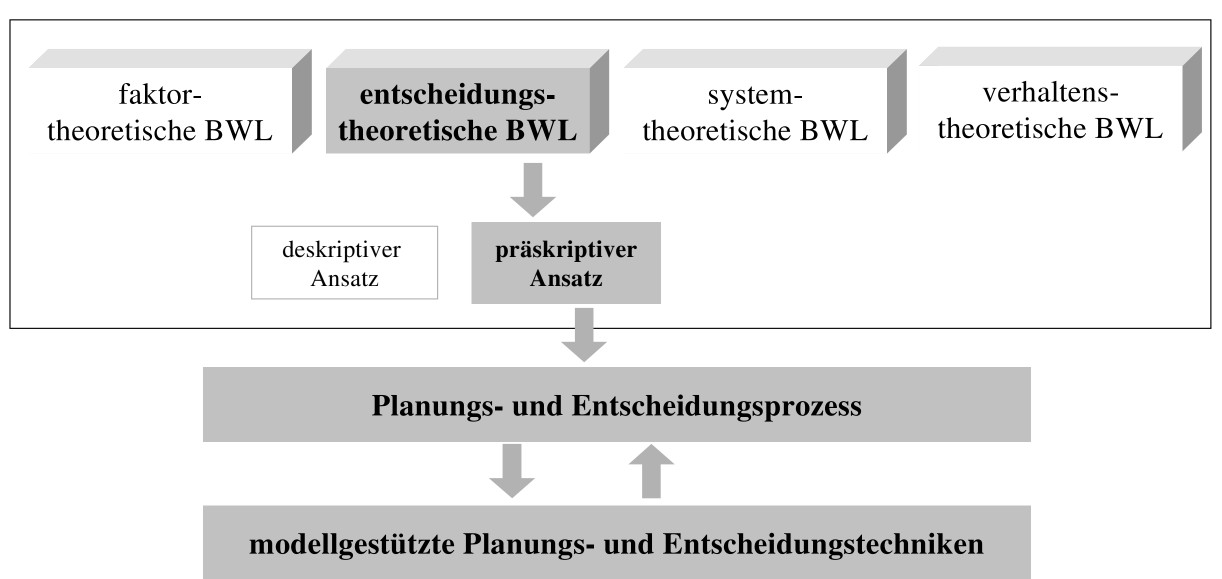


***Abb. 2**: Betriebswirtschaftliche Wissenschaftsprogramme.*

Für die Fragestellung eines zielgerichteten Ressourceneinsatzes im Forstbetrieb wird in dieser Untersuchung, wie bereits unter 2.3.1 erwähnt, ein präskriptiv-entscheidungsorientierter Be-

---

[43] Zum Begriff der entscheidungsorientierten forstlichen Betriebswirtschaftslehre s. a. BURGER (1970); SPEIDEL (1970); KATÓ (1974).

[44] Beschreibung und Erklärung real existierenden Entscheidungsverhaltens, um daraus Prognosen über zukünftige Verhaltensweisen abzuleiten. Die faktischen und wertenden Entscheidungsprämissen werden dabei als zu klärende Größen betrachtet (LAUX, 1998). Synonym: empirische Entscheidungstheorie.

[45] Die Verhaltenstheorie der Unternehmung *„Behavioral Theory of the Firm"* stellt einen Ansatz zu einer eigenständigen deskriptiven Entscheidungstheorie dar und wurde erstmals 1963 von CYERT und MARCH als Versuch konzipiert, das Entscheidungsverhalten in Organisationen zu erklären (CYERT u. MARCH, 1999).

[46] (Normative) Verhaltensempfehlungen für *„rationales Verhalten"* bei gegebenen faktischen und wertenden Entscheidungsprämissen. Notwendige Voraussetzung ist das Vorhandensein der Rationalitätsforderung entsprechender Regeln zur Bewertung von Handlungsresultaten (LAUX, 1998). Synonym: formale/normative Entscheidungstheorie.

zugsrahmen gewählt (Abb. 2). Neben der systematischen Aufarbeitung der betrieblichen Daten- und Informationsbasis zeichnet sich diese Arbeitsweise durch eine analytisch fundierte modell- und methodenorientierte Vorgehensweise aus. Innerhalb dieses Ansatzes lassen sich stärker datenorientierte Lösungsansätze (GABRIEL u. RÖHRS, 1995), bei denen der Zugriff auf die Datenbasis im Vordergrund steht und einfachere Datenbankabfragen durchgeführt werden, sowie sehr stark modellgestützte Lösungstechniken (GAL u. GEHRING, 1981) unterscheiden.

2.3.2 Grundlagen betrieblicher Planung

Die Gleichsetzung der operativen Planung als kurzfristige und der strategischen Planung als langfristige Planung ist nicht zwingend. Ursächlich für eine Trennung zwischen sachlicher und zeitlicher Ebene war die früher häufig gebräuchliche Korrespondenz von strategischer und langfristiger Planung (Abb. 3), was sich nach Ansicht von STEINMANN u. SCHREYÖGG (1997) als irreführend erwiesen hat.[47] Dennoch wird sich die strategische Planung in der Mehrzahl der Fälle mit der längerfristigen Unternehmensausrichtung beschäftigen (ZAHN, 1979; MEFFERT u. WEHRLE, 1981; HAHN, 1984; VOIGT, 1993; MINTZBERG, 1995; KREIKEBAUM, 1997).

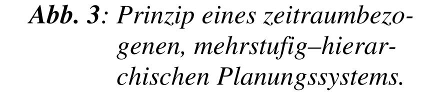


***Abb. 3**: Prinzip eines zeitraumbezogenen, mehrstufig–hierarchischen Planungssystems.*

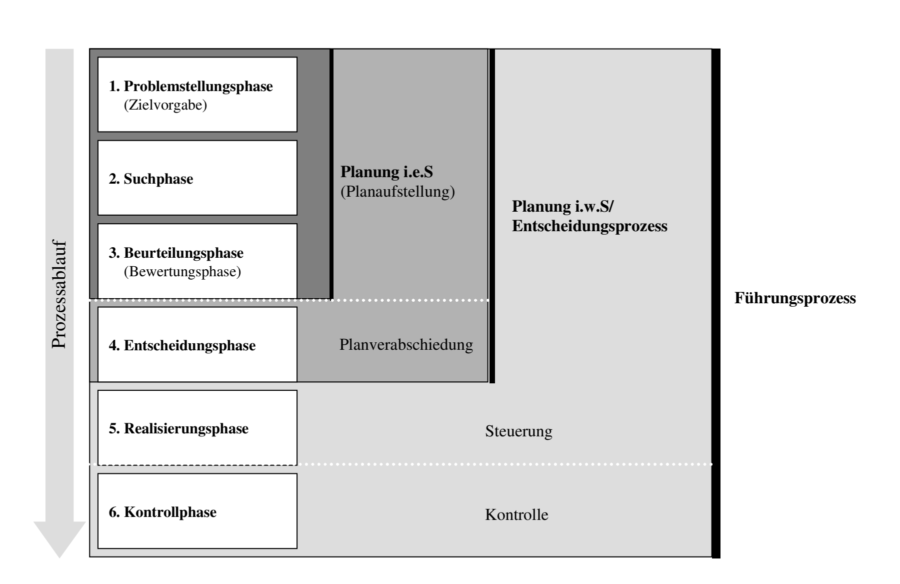
[47] Sie weisen darauf hin, dass strategische Pläne einen überaus kurzfristigen Horizont haben können, ohne dass allerdings von einem operativen Plan gesprochen werden kann. Beispielhaft wird auf den zeitnahen Erwerb von Unternehmensbeteiligungen oder den kurzfristigen turn-around zur Krisenbewältigung verwiesen.

2.3.2.1 Der Planungs- und Entscheidungsprozess als Phasenkonzept

Wird unter Entscheidung nicht nur die Auswahl von Handlungsalternativen bei der Problemlösung,[48] sondern auch deren Vorbereitung verstanden, muss der Entscheidungsbegriff auf den davor oder simultan ablaufenden analytischen Prozess[49] ausgedehnt werden. Dieser Entscheidungsprozess inkludiert somit die Entscheidungsphase, in der die eigentliche Entscheidung gefällt wird. (Abb. 4).

Es existieren eine Vielzahl von Phasenschemata, die unterschiedlich detailliert sind und bei denen unterschiedliche Aspekte im Vordergrund stehen. Nach PETKOFF (1998) führen alle Konzepte auf das klassische Phasenschema von SIMON (1977)[50] zurück.

***Abb. 4**: Der Planungs- und Entscheidungsprozess in der Unternehmung (nach HAHN, 1999).*



Einen überaus instruktiven Ansatz bietet die Ablaufstruktur eines Entscheidungsprozesses nach HAHN (1999). Das Modell eignet sich besonders gut, da die Phase der Entscheidungsvorbereitung[51] deutlich als Planung im engeren Sinn beschrieben und charakterisiert wird (Abb. 4). Damit wird der Begriff Planung im umfassenden Sinn als Entwicklung von Handlungsalternativen im komplexen Entscheidungsprozess verstanden, der stark von der Planungsphase getragen wird.[52]

---

[48] Hierbei wird der Terminus Entscheidung auf die eigentliche Auswahlhandlung zur Selektion der Handlungsalternativen mit der günstigsten Zielerreichung begrenzt.

[49] Während dieses Prozesses werden Daten zu Informationen verdichtet, um schließlich im Entscheidungsprozess als Wissen nutzbar zu sein.

[50] SIMON (1977) nennt als Phasen des Entscheidungsprozesses *„intelligence"*, *„design"* und *„choice"*.

[51] In den klassischen Ansätzen auch als Entwurfs- oder Suchphase beschrieben.

[52] Diese Einordnung sollte aber nicht als Ansatz einer plandeterminierten Unternehmensführung missverstanden werden.

2.3.3 Decision-Support-Systems

Als wichtige Module von Management-Unterstützungs-Systemen nehmen Entscheidungs-Unterstützungs-Systeme einen breiten Raum ein (KEMPER, 1999). Decision-Support-Systems stellen durch eine ausgeprägte Modell- und Methodenorientierung die wichtigen Funktionen zur Unternehmenssteuerung für Fach- und Führungskräfte zur Verfügung. Mit den Anwendungssystemen, die nach dem Konzept des Decision Support arbeiten, wird innerhalb des betrieblichen Planungs- und Kontrollsystems die höchste Stufe der Assistenz- und Servicefunktion zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung erreicht. Die Berichts- und Analysefunktionen von MIS[53] und EIS, die vorrangig der Informationsversorgung dienen, werden um methoden- und modellgestützte Ansätze ergänzt. Durch das zusätzlich einsetzbare Methodenspektrum wird die Entscheidungsvorbereitung qualitativ und quantitativ unterstützt und eine zielorientierte Entscheidungsfindung ermöglicht (SPRAGUE, 1993).

Über die reine Bereitstellung von Informationen hinaus reichen die Ansätze von eher deskriptiv orientierten Modellansätzen bis hin zu operationalisierten Optimierungsverfahren und adaptiven Heuristiken. Die Aufgabe eines DSS ist es, das Management im Planungs- und Entscheidungsprozess effektiv zu unterstützen, um dadurch die Entscheidungsqualität zu verbessern (SPRAGUE u. WATSON, 1996; SAUTER, 1997). Mit Bezug auf die Arbeiten von GORRY u. SCOTT MORTON (1971) und SPRAGUE u. CARLSON (1982) definieren GLUCHOWSKI et al. (1997: *S. 9*):

*„**Decision-Support-Systeme** (DSS) sind interaktive EDV-gestützte Systeme, die Entscheidungsträger mit Modellen, Methoden und problembezogenen Daten in ihrem Entscheidungsprozess bei der Lösung von Teilaufgaben in eher schlecht strukturierten Entscheidungssituationen unterstützen."*

DSS kommen in einem breiten Anwendungsbereich zum Einsatz. Dementsprechend existieren Systeme mit unterschiedlichen Ausprägungsformen sowie einem heterogenen Funktions- und Leistungsumfang. Bei der Würdigung und Einschätzung der Möglichkeiten entsprechender Systeme zeigt sich, dass kaum unternehmensweite Modelle zur Simultanplanung erreichbar sind, sondern überwiegend in ausgewählten Teilbereichen durch die Verwendung von Partialmodellen eine hinreichende Entscheidungsunterstützung realistisch ist (FRITZ, 1999; HOFACKER, 1999).

[53] Siehe Abschnitt 2.2.3.1.1, S. 13.

Maßgebliche Bedeutung für die Qualität der Entscheidungshilfe ist die Güte der betrieblichen Abbildung und die Relevanz des gewählten Realitätsausschnittes. Neben logischen Modellen in Form von empirisch abgeleiteten Beschreibungs- und funktional-theoretisch orientierten Erklärungsmodellen bieten insbesondere simulative Ansätze eine geeignete Möglichkeit zur Generierung und Bewertung von Handlungsalternativen. Vor allem die Modelle aus dem Operations Research[54] unterstützen den Entscheidungsprozess besonders effektiv.

Zusammen mit dieser streng analytischen Vorgehensweise bilden Simulationsmodelle einen zweiten Modellbereich der Planungs- und Entscheidungstechniken. Der Simulation können unterschiedliche Funktionen zukommen, *„die Vorgehensweise durch 'systematisches Probieren' den günstigsten Fall aus einer Menge von untersuchten Fällen zu ermitteln, wird in der Simulation mittlerweile allgemein als 'Optimierung' bezeichnet. Dies entspricht einer großzügigen Auslegung des Optimierungsbegriffs, wie er in der Theorie der mathematischen Programmierung verwendet wird“* (GEHRING, 1997: *S. 16*).[55]

Eine spezifische Klasse von Decision-Support-Systems stellen z. B. Anwendungen aus der Finanz- und Investitionsplanung dar, bei denen vorrangig auf das Methodenspektrum der Investitionsrechnung zurückgegriffen wird. Betriebswirtschaftlich bedeutend sind Systeme im Controlling für operative und strategische Aufgaben, die nicht nur datenorientiert[56], sondern auch methodenorientiert[57] aufgebaut sein können.

Für den eigentlichen Bereich der Produktion lassen sich Informationen aus bestehenden Produktionsplanungs- und –steuerungs-Systemen (PPS) in MIS oder EIS aufnehmen und unter Einsatz von DSS-Komponenten zu umfassenden Management-Support-Konzepten ausbauen. Diese unterstützen das Produktionsmanagement bei operativen als auch bei taktischen und strategischen Planungs- und Entscheidungssituationen.

HANEWINKEL (1998) verweist darauf, dass besonders im skandinavischen und amerikanischen Raum für die Analyse komplexer forstlicher und landschaftsplanerischer Probleme Decision-Support-Systeme Verwendung finden (NUTE et al., 1999, 2000; POTTER et al., 1999, 2000; RAUSCHER, 1999; RAUSCHER et al., 2000; REYNOLDES, 1995, 1999; SCHMOLDT u. PETERSON, 1997; TWERY et al., 2000[58]). Einen weitergehenden Ansatz bietet schließlich die Entwicklung

[54] Operations Research steht für eine modell- und entscheidungsorientierte quantitive Betriebswirtschaftslehre. Bezogen auf GAL u. GEHRING (1981) werden die computergestützte Optimierung und die Simulation zu den Verfahren des Operations Research gezählt.
[55] Vgl. DÖRNHÖFER (1987); HARDHIENATA u. MOLNÁR (1992).
[56] Als MIS und EIS konzipiert.
[57] Als DSS konzipiert.
[58] Northeast-Decision-Model (NED), ein computer-basiertes Decision-Support-System.

forstlicher Expertensysteme, die Entscheidungsprozesse automatisieren sollen, um eine Produktivitäts- und Effizienzsteigerung zu erreichen (SCHMOLDT u. RAUSCHER, 1996).

DAUME (1999) nennt eine Reihe forstlicher Anwendungsgebiete, die sich für den Einsatz forstlicher Expertensysteme anbieten. Zu den potenziellen Einsatzgebieten zählt nach DAUME (1999) insbesondere auch die Planung von Bewirtschaftungsmaßnahmen für Bestände und Bestandestypen. Hinsichtlich einer Anwendung aus dem forsttechnischen Bereich wird auf die Arbeit von ERLER (1994) verwiesen.

2.3.3.1 Modellgestützte Planung

Der Einsatz von Modellen für Planungsaufgaben hat sowohl in der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre als auch in der forstbetrieblichen Planungspraxis eine lange Tradition.

2.3.3.1.1 Simulation

Neben den streng mathematisch-analytischen Entscheidungstechniken, die sich unter dem Oberbegriff der Optimierung zusammenfassen lassen, bilden die Simulationsverfahren ein wichtiges Methodengerüst zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung (BIETHAN, 1987; WEBER u. LOUTSCH, 1991; CHEN, 1991; NOCHE, 1994). Moderne computergestützte Simulationen liefern durch das systematische Experimentieren mit Modellen der Realität Informationen über das dynamische Systemverhalten, indem bei gleichbleibenden Eingangsgrößen Handlungsvarianten in deren Auswirkungen auf die interessierenden Ergebnisgrößen getestet werden können (MÖLLER, 1992; GANGL, 1994; BIETHAN, 2000).

Simulationen als Berechnungsexperimente dienen im Bereich der Ökonomie, ebenso wie Optimierungsverfahren, dem Auffinden von Lösungen für ausgewählte Planungs- und Entscheidungsprobleme (BIETHAN, 1995, 1999). Analytische Methoden besitzen den Vorteil, dass diese zu einer optimalen Lösung führen. Simulationen werden hingegen bei komplexen Problemfeldern eingesetzt, die sich schlecht oder gar nicht mit einer Zielfunktion beschreiben lassen.

Das Planungsinstrument der Simulation erzeugt keine, im Sinne einer programmierten oder optimierten Lösungssuche, abgeleitete Entscheidungsgrundlage. Ergebnisse von Simulationsstudien sind diskussionsoffen und bedürfen einer kritischen Überprüfung. Werden in dieser nachgeschalteten Phase die betrieblichen Entscheidungsträger in den Prozess intensiv mit einbezogen, steigt die Akzeptanz des Lösungsansatzes. Zusätzlich können die Simulationsergebnisse nach einer kritischen Bewertung im Sinne einer Rückkopplung für notwendige Modellanpassung herangezogen werden. Je intensiver die Auseinandersetzung geführt wird,

desto gewinnbringender können Rückkopplungsprozesse für die Modellvalidierung Verwendung finden.

Von besonderer Bedeutung ist die Zielsetzung, die mit einer Simulationsstudie erreicht werden soll. In der vorliegenden Untersuchung mit ökonomischem Schwerpunkt wird die Prognose- und Optimierungsfunktion der Simulation genutzt. Mit der Prognosefunktion wird die Ableitung von Informationen ermöglicht, die das Verhalten eines realen Systems in der Zukunft beschreiben. Darüber hinaus kann die Simulation Hinweise auf ein Optimum liefern, wenn durch wiederholte Berechnungsläufe mit veränderten Parameterwerten aus verschiedenen Simulationsergebnissen die für die Zielerreichung günstigste Ergebniskonstellation bestimmt wird.

2.3.3.1.2 Unsicherheit und Dynamik im Planungs- und Entscheidungsprozess

Planungs- und Entscheidungssituationen sind häufig durch Unsicherheit hinsichtlich der Handlungsmöglichkeiten sowie der zugehörigen Konsequenzen und durch die Dynamik der Umweltkonstellationen gekennzeichnet (KAHLE, 1997; BAMBERG u. COENENBERG, 2000). Informationen bzw. Prognosen über zukünftige Rahmenbedingungen sowie deren Beurteilung sind in einer zunehmend komplexer werdenden Umwelt für zielsichere Entscheidungen von maßgeblicher Bedeutung und wichtige Erfolgsfaktoren.

Die Situation, zwischen mehreren Alternativen zu entscheiden, ohne genau zu wissen, welche Konsequenzen die einzelnen Entscheidungen haben werden, wird als Unsicherheitskonflikt bezeichnet (BITZ, 1981). Bei derartigen Unsicherheitssituationen wird unterschieden zwischen (LAUX, 1998):

- Ungewissheitssituationen
- Risikosituationen

Besteht Ungewissheit, können den einzelnen Umweltzuständen aus Mangel an hinreichenden Informationen keine Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Bei Risikosituationen können dagegen für den Eintritt von Umweltzuständen Wahrscheinlichkeiten[59] angegeben werden.

[59] Wahrscheinlichkeiten werden allgemein durch Werte zwischen 0 (unmögliches Ereignis) und 1 (sicheres Ereignis) ausgedrückt.

Viele betriebswirtschaftliche Problemstellungen liegen in einer Form vor, in der die Auswirkungen von Handlungsalternativen nicht genau oder nicht durch Wahrscheinlichkeiten mit der Schärfe der klassischen Entscheidungstheorie, sondern nur in Umrissen, also unscharf bekannt sind. Die Anwendung einer auf der Fuzzy-Logik basierenden Entscheidungstheorie ist dann hilfreich, wenn durch stochastische Ansätze keine Wahrscheinlichkeiten angegeben werden können (ROMMELFANGER, 1994; OTT, 2001). Im Gegensatz zu Wahrscheinlichkeitswerten, die auf dem Intervall [0,1] metrisch skaliert sein müssen, reichen bei der Fuzzy-Logik auch ordinal skalierte Möglichkeitswerte. Das Grundkonzept der Fuzzy-Logik[60] besteht demnach darin, unscharfe Aussagen auch nur unscharf abzubilden. Unschärfe beschäftigt sich daher mit dem Grad der Zugehörigkeit, bei Unsicherheit geht es ausschließlich um die Zugehörigkeit oder Nicht-Zugehörigkeit eines Objektes zu einer Menge.

Unabhängig davon, ob es sich um Risiko- oder Ungewissheitssituationen handelt, sind im operativen und strategischen Planungsprozess geeignete Ansätze zum Umgang mit Unsicherheiten zu integrieren. Im Rahmen der Planung besteht zunächst die Möglichkeit, Planungsprobleme in einem ersten Schritt so zu behandeln, als ob Gewissheit bestünde. Anschließend kann mit geeigneten Ansätzen die Planung inhaltlich und prozessual derart erweitert werden, dass Ungewissheit und Dynamik mit einbezogen werden.

Beide Einflussgrößen können mit unterschiedlichen Verfahren in den Planungsprozess aufgenommen werden. Nachfolgend wird die Sensitivitätsanalyse als Ansatz vorgestellt, der von einer Punktlösung ausgeht und den Entscheidungsraum um diese Einzellösung herum untersucht. Dabei wird eine unter der Annahme vollständiger Information gefundene Handlungsalternative nach Änderung der eingehenden Planungsgrößen mit alternativen Lösungen verglichen und auf Stabilität geprüft. Als Zweites wird mit der Szenarioanalyse ein umfassender Ansatz zur Abbildung betrieblicher Umweltkonstellationen in der Zukunft erläutert (RINGLAND, 1998).

2.3.3.1.2.1 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse ist insbesondere bei Investitionsentscheidungen als Verfahren zur Alternativenauswahl weit verbreitet (PERLITZ, 1977; HEINHOLD, 1994; TESSUN, 1998). Neben Korrekturverfahren und der Risikoanalyse, ist die Sensitivitätsanalyse ein geeignetes Verfahren zur Abschätzung des Risikos durch Variation einzelner oder mehrerer ungewisser Inputgrößen (HEINHOLD, 1994). Dadurch werden die Auswirkungen einzelner Eingangsgrößen auf das gewählte Entscheidungskriterium aufgezeigt und die Unsicherheit im Planungsprozess in geeigneter Form operationalisiert.

---

[60] Theorie unscharfer Mengen.

Bei den dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung gilt die Modellannahme, dass Höhe und Zeitpunkt von Ein- und Auszahlungen bei einem Investitionsprojekt eindeutig festliegen. Diese Annahme entspricht allerdings nicht der Realität, da die meisten Eingangsgrößen zur Berechnung der Zahlungsreihe prognostiziert werden müssen und somit als Unsicherheitsfaktor wirken (BRAZEE u. NEWMAN, 1997, 1999; KNOKE et al., 2001). Üblicherweise gelten auch bei forstlichen Investitionsentscheidungen gleichbleibende Kosten- und Erlöswerte. Als Basiskalkulation ist diese vereinfachte Annahme sinnvoll. Die Kalkulation gewinnt allerdings erheblich an Aussagekraft, wenn zusätzlich mit Alternativentwicklungen bei den Kosten- und Erlösgrößen gerechnet wird.

Neben der Änderungsrate der Ergebnisgrößen bei vorgegebenen Alternativentwicklungen, können mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse auch die Inputgrößen ermittelt werden, bei denen die Ergebnisgröße einen bestimmten (kritischen) Wert annimmt. Diese zwei verschiedenen Varianten werden als globale und lokale Sensitivitätsanalyse bezeichnet. Die globale Sensitivitätsanalyse untersucht die Auswirkungen von vorgegebenen Änderungen der Eingangsdaten auf das Endergebnis. Eine entsprechende Fragestellung könnte lauten:

Wie ändert sich der Kapitalwert der Investition, wenn über die gesamte Investitionsperiode die Holzpreise um jährlich 2 % ansteigen?

Die lokale Sensitivitätsanalyse untersucht hingegen, in welchem Bereich die Eingangsdaten variieren dürfen, ohne dass dieses Auswirkungen auf die Investitionsentscheidung hat. Für eine Einzelfallbetrachtung lautet eine entsprechende Fragestellung:

Bei welchen Datenänderungen wird der Kapitalwert gleich null?

Für die Auswahl zwischen Investitionsalternativen kann die Fragestellung lauten:

Bei welcher Datenkonstellation der Inputgrößen ändert sich die Reihenfolge der Vorteilhaftigkeit von Investitionsalternativen, ausgedrückt durch die Größe des Kapitalwertes?

Für die Sensitivitätsanalyse gelten zunächst dieselben Voraussetzungen, die auch dem Investitionsverfahren zugrunde liegen. Darüber hinaus müssen die Variationen der Inputwerte begründbar und realistisch sein, um aussagefähige Ergebnisse zu erhalten. Zusätzlich ist auf die Vollständigkeit der Variationen zu achten, um nicht wesentliche Aspekte zu vernachlässigen (PARAL, 2000).

HEINHOLD (1994) weist nachdrücklich darauf hin, dass die Sensitivitätsanalyse zwar einen ziemlich genauen Überblick über die Auswirkungen von Datenänderungen bei Investitionsentscheidungen bietet, in den seltensten Fällen allerdings als direkte Entscheidungshilfe gelten kann.

Die Sensitivitätsanalyse wird auch von DENSBORN (1999a) als Ansatz zum Umgang mit statischen ökonomischen Rahmenbedingungen diskutiert. Ob Sensitivitätsanalysen tatsächlich bei der gegebenen Prognoseunsicherheit als Informationsquelle geeignet sind, forstbetriebliche Entscheidungen sinnvoll zu unterstützen, wird von ihm allerdings in Frage gestellt. FÜRST u. JOHANN (1994) verwenden die Sensitivitätsanalyse beim ökonomischen Vergleich der Deckungsbeiträge von Kahlschlag- und Naturverjüngungsbetrieb auf Betriebsklassenebene, um die kritischen Einflussfaktoren auf den Deckungsbeitrag zu untersuchen.

2.3.3.1.2.2 Szenariobasierte Planung

Entscheidungen auf der Grundlage einer Planung sind immer zukunftsgerichtet. Die Entscheidung muss sich anschließend in einer ergebnisoffenen Entwicklung bewähren. Informationen über die Zukunft bilden somit eine wichtige Basis für Entscheidungen. Die Qualität der Entscheidung hängt weitgehend von einer zielsicheren Einschätzung der Zukunft ab. Damit wird auch das Abschätzen zukünftiger Entwicklungen zu einer wichtigen Führungsaufgabe. Da die Vorhersagegenauigkeit maßgeblich zur Verbesserung der Informationsbasis bei der Entscheidungsfindung beiträgt, ist die Erarbeitung von zukunftsgerichteten Entscheidungsgrundlagen im Planungsprozess hinreichend zu würdigen.

Im Zeichen des sich beschleunigenden Wandels auf allen forstbetrieblich relevanten Gebieten und angesichts der zunehmenden Komplexität der Unternehmensführung wachsen die Anforderungen an die Entscheidungsgrundlagen, über die die Verantwortlichen im Forstbetrieb verfügen sollten. Zur Erarbeitung zukunftsgerichteter Entscheidungsgrundlagen sind entsprechend einsetzbare Instrumente erforderlich. Im Rahmen der Entscheidungsvorbereitung leisten u. a. Szenarien, wie nachfolgend dargestellt, instrumentelle Unterstützung. Vor einem zweckgerichteten Umgang mit der Vielfalt an prognostischen Ansätzen und Aussagen sind allerdings zunächst die Möglichkeiten und Grenzen für die Ableitung zukunftsgerichteter Informationen umfassender zu beurteilen (GRAF, 1999).

Viele Unternehmen, Organisationen und Verwaltungen agieren in einem unsicheren Umfeld. Vor diesem Hintergrund wandeln sich die Rahmenbedingungen immer rascher und werden in zunehmendem Maß komplexer. Damit verengen sich die Grenzen der klassischen Zukunftsprognose ganz erheblich. Die Möglichkeiten zukunftsgerichteter Informationen sind demzufolge differenziert und mit der gebotenen Skepsis zu bewerten. Die Entwicklung von Leitbildern und zukunftsrobuster Strategien sollte durch die Berücksichtigung mehrerer alternativer Zukunftsbilder unterstützt werden. Dieser Anspruch wird durch den Übergang von einer prognosebasierten Planung zu einer szenariobasierten Planung erfüllt. Beim Einsatz von Szenarien wird der Planungsprozess *„im Wissen um die Zukunft“* durch ein *„Denken in Alternativen“* (GRAF, 1999: *S. 165*) ergänzt. Dadurch wird ein durchgehendes Planungssystem

von der operativen Steuerung über Liquiditäts- und Erfolgsgrößen bis zum Konzept der strategischen Planung durch Entwicklung bestehender und zukünftiger Erfolgspotenziale, den so genannten Zukunftspotenzialen, ermöglicht.

Die alternativen Zukunftsbilder werden begrifflich als Szenarien bezeichnet. Die Nutzung des Begriffes Szenario in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften geht auf den amerikanischen Zukunftsforscher KAHN zurück. Zusammen mit WIENER[61] entwickelte KAHN in den sechziger Jahren des 20. Jh. die Szenario-Technik. Nach GAUSEMEIER et al. (1996: *S. 88*) beschreiben *„**Szenarien** komplexe, zukünftige Situationen, deren Eintreten nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden kann, sowie die Darstellung einer Entwicklung, die aus der Gegenwart zu dieser Situation führen könnte.“*

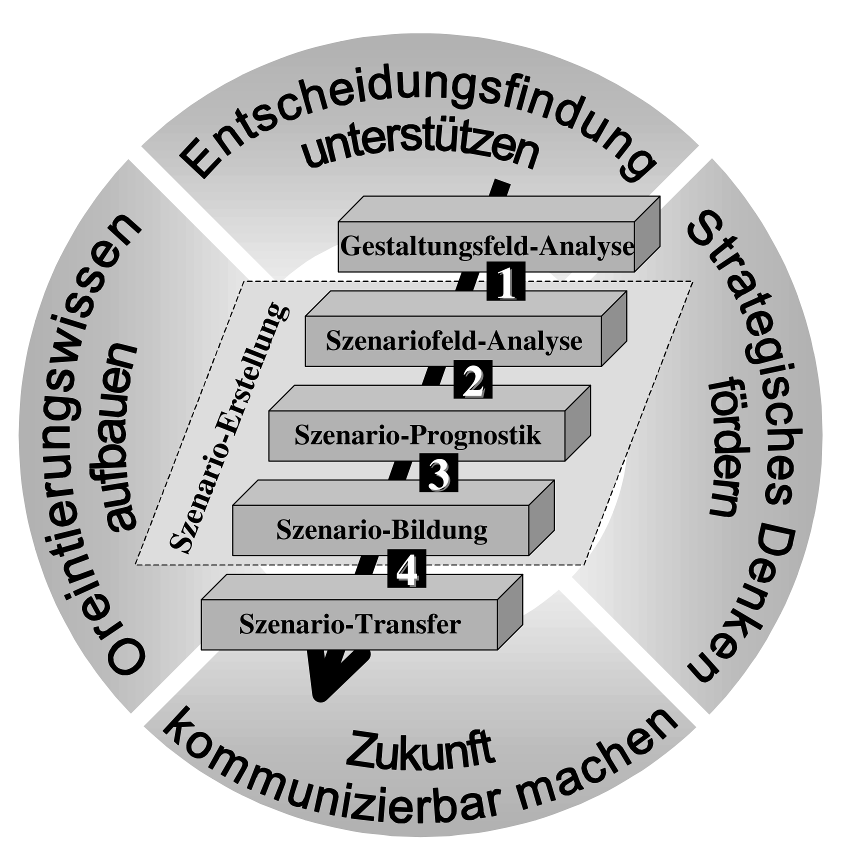


***Abb. 5**: Übersicht über die Szenarioerstellung und Aufgaben der Szenarioanalyse (aus GAUSEMEIER et al., 1996: S. 17).*

Als Methodik zur Erstellung und Anwendung von Zukunftsbildern in der strategischen Unternehmensführung dient das Szenario-Management (GESCHKA u. v. REIBNITZ, 1987). Werden Szenarien als Instrumente der Unternehmensführung anerkannt, kann zur nachhaltigen Sicherung der betrieblichen Erfolgspotenziale frühzeitig und zeitgerecht reagiert werden (v. REIBNITZ, 1992; GESCHKA et al., 1987).

[61] Vgl. KAHN u. WIENER (1968).

Szenarien können im Führungsprozess zur Strategieentwicklung, Strategiebewertung oder Entscheidungsunterstützung eingesetzt werden (SCHULTZ, 1987; MEYER-SCHÖNHERR, 1992; GÖTZE, 1993). In diesen Fällen werden durch die Szenarien konkrete Entscheidungen unterstützt. Daneben können Szenarien noch weitere Funktionen erfüllen, die bei der Bewertung einer szenariengestützten Planung nicht außer Acht gelassen werden sollten (Abb. 5).

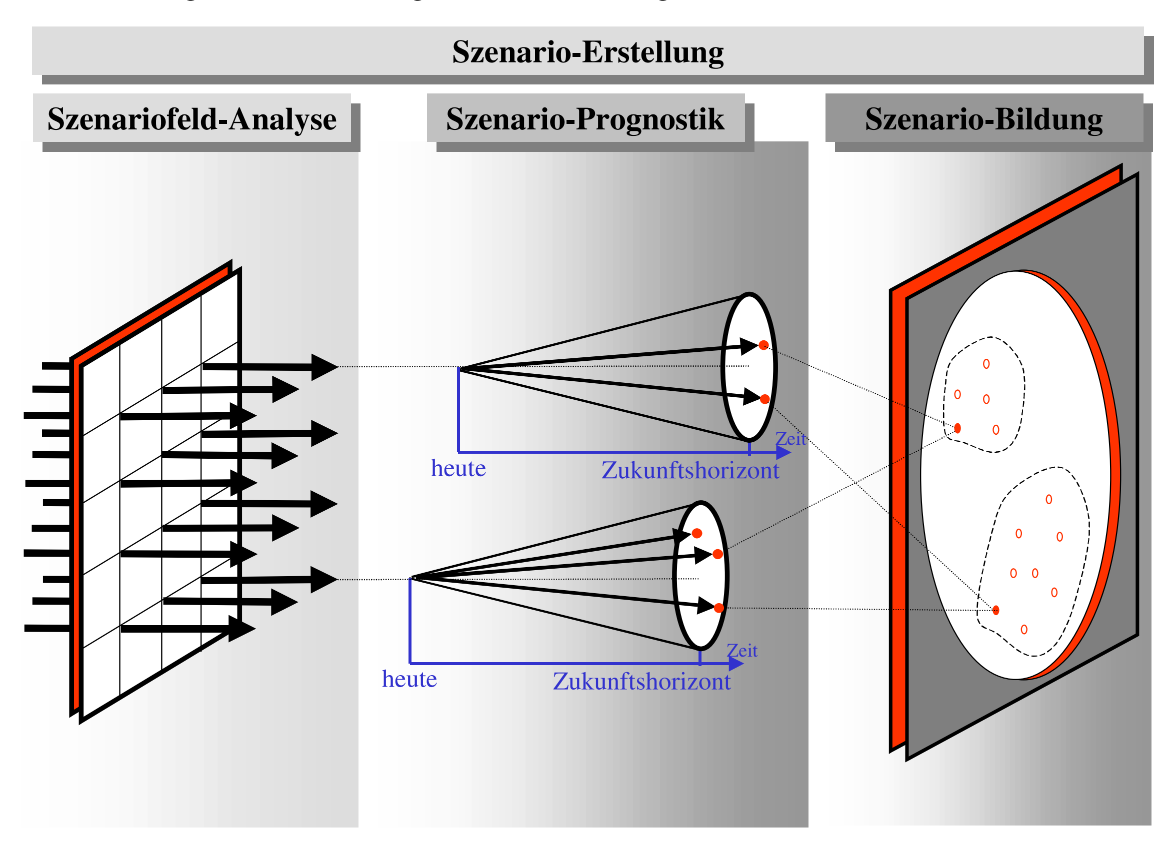


***Abb. 6**: Schema der Szenarioerstellung (aus GAUSEMEIER et al., 1996: S. 19).*

Die Arbeit mit Szenarien in der Planung muss Effizienzkriterien genügen. Aus diesem Grund ist beim Szenarienentwurf eine begrenzte Anzahl von Einzelszenarien einzuhalten (Abb. 6). Einige Autoren raten dazu, bei Extremszenarien grundsätzlich nur zwei Varianten zu erstellen. Dadurch wird der Gefahr entgegengetreten, dass neben zwei extremen Zukunftsbildern – häufig ein optimistisches und ein pessimistisches Szenario – ein mittleres Szenario erstellt wird, das dann sofort präferiert wird. GAUSEMEIER et al. (1996) schlagen zwischen zwei und vier Szenarien vor, wobei die Entwicklung einseitig positiver oder negativer Szenarien zu vermeiden ist.

Für die forstbetriebliche Unternehmensführung ist der Einsatz von prognostizierenden Instrumenten und Methoden in zwei Bereichen von Bedeutung: Zum einen unterstützen diese die Abschätzung der naturalen Entwicklung der Bestände. Hierzu hat die Forschung in den letzten Jahren durch den Entwurf und Praxiseinsatz von einzelbaumorientierten Wuchsmodellen wesentliche Beiträge geleistet. Zum anderen hat die betriebswirtschaftliche Seite im Hinblick auf

die zukünftige Kosten- und Erlössituation, in die implizit auch alle zukünftigen technischen Innovationen einzurechnen sind, für die betriebliche Entscheidungsvorbereitung erhebliches Gewicht.

DENSBORN (1999a) stellt fest, dass die Vorhersage der Kostenentwicklung außerordentlich schwierig ist. Gleichzeitig weist DENSBORN darauf hin, dass eine langfristige Prognose völlig unmöglich ist und auch mittel- bis kurzfristige Holzpreisprognosen zur Zeit nahezu aussichtslos sind.[62] TEGELER (1998) macht darauf aufmerksam, dass bei einer längerfristigen Simulation jenseits eines 10-jährigen Planungszeitraumes keine unbedingte Zuverlässigkeit an die zugrunde gelegte Information gestellt wird, sondern lediglich längerfristige Auswirkungen tendenziell beschrieben werden sollen. Gerade wegen der Schwierigkeit, zukünftige naturale und ökonomische Entwicklungen im Bereich der Forstwirtschaft abzuschätzen (SIEBENBÜRGER, 1974), sind Szenarien eine Möglichkeit, dieser Unsicherheit zu begegnen.

In der Forstwirtschaft besteht ein Zukunftsbezug vorwiegend über die Prognose naturaler Entwicklungen. Die Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren aus dem betrieblichen Umsystem ist hingegen bisher bei forstbetrieblichen Planungsprozessen weniger deutlich ausgebildet. BÖRNER (1997) verwendet bei der Untersuchung über die optimale Erntestärke bei der Buche Preisszenarien, indem für die Modellrechnungen mit verschiedenen Preisverhältnissen zwischen den Güteklassen B und C kalkuliert wird.

Nach SEKOT (1991)[63] sind forstliche Anwendungen der Szenario-Technik besonders im Rahmen der Waldschadensforschung als überbetriebliche Ansätze zu finden.[64] Die Vorbereitung und Ableitung strategischer Entscheidungen im Einzelbetrieb erfolgt allenfalls mittelbar. Bei EGIDI (1990) finden sich Hinweise auf den Einsatz von Szenarien auch im Rahmen der Forsteinrichtungsplanung. Der Einsatz von Szenarien beschränkt sich allerdings häufig auf *„endogen planungsbedingte Entwicklungsvarianten“*[65] (SEKOT, 1991: *S. 320).* An Entwürfe von Entwickungsszenarien unter Prognose zukünftiger Umweltkonstellationen ist aber nicht ge-

[62] Es gibt eine Vielzahl betrieblich relevanter Größen, deren Entwicklung nur schwer vorhersehbar ist. Genannt seien makroökonomische Kennzahlen, Rohstoffpreise bzw. Devisenkurse und Zinsentwicklungen. Unbestritten alles schwer prognostizierbare Größen, für die betrieblichen Entscheidungen zweifelsohne aber von erheblicher Bedeutung. Als Ansatz zur langfristigen Orientierung wirtschaftlichen Verhaltens existiert z. B. die Theorie der langen Wellen in makroökonomischen Zahlenreihen von SCHUMPETER (1914) und KONDRATIEFF (1926), die für die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen dient. Das älteste Modell zur Charakterisierung spekulativer Preisbewegungen (u. a. Inflation, Wechselkurse) ist das Random-Walk-Modell. Für die Vorhersage von Finanzreihen werden auch verstärkt neuronale Netze eingesetzt.

[63] Vgl. SEKOT (1991: *S. 271ff.*).

[64] Vgl. SEKOT (1991: *S. 320*).

[65] Werden ausschließlich die betrieblichen Entwicklungsvarianten in die Zukunft projiziert ohne dabei auch die exogen wirkenden Umweltvariablen zu berücksichtigen, kann nach der Darstellung in Tabelle 1 von einer prognosegestützten Planung gesprochen werden.

dacht. Nach SEKOT (1991) ist beim Aufbau eines Planungssystems die Einbeziehung der Szenario-Technik unter der Berücksichtigung der vielfältigen Unwägbarkeiten bei der Entscheidungsfindung gerade im Forstbetrieb sinnvoll.

Im Bereich der forstwissenschaftlichen Forschung nehmen gegenwärtig insbesondere Untersuchungen zu Klimawandelszenarien einen breiten Raum ein. Inzwischen haben die Forderungen nach einer stärkeren szenariobasierten Planung, auch über diesen speziellen Bereich hinaus, zugenommen. So spricht sich BECK (1999) für eine Szenarioanalyse in einem zukünftigen Planungssystem aus. ĎURSKÝ (1999) führt eine Szenarioanalyse der Naturalproduktion mit dem Wachstumsmodell *SILVA* durch, indem er unterschiedliche Behandlungsvarianten hinsichtlich deren naturalen und ökonomischen Auswirkungen vergleicht. Dieses Szenarioverständnis ist allerdings nicht deckungsgleich mit der bereits genannten Definition, sondern entspricht als Simulation von Alternativplänen eher dem Ansatz von EGIDI (1990). BIERMAYER (1998) betont die Funktion von Szenarien im Planungsprozess, indem er herausstellt, dass Szenarien keine Prognosen sind und somit keine scharfen Vorhersagen erwartet werden können, sondern durch deren Einsatz die Bewusstseinsbildung für Spielräume und ein allgemeines Systemverständnis gefördert wird.

Der Entwurf möglicher Zukunftskonstellationen für den Bereich der Forstwirtschaft bereitet wegen der Eigenheiten des primären Sektors einige Schwierigkeiten. Dennoch lassen sich einzelne Szenarienentwürfe entwickeln (WARKOTSCH, 1996). Als Beispiel nachfolgend ein Gedankenexperiment:

- Aufgrund stagnierender oder sinkender Holzpreise ist auf dem Gebiet der Holzernte ein steigender Rationalisierungsdruck zu verzeichnen. Als Reaktion wird eine zunehmende Verlagerung von motormanueller zu mechanisierter Aufarbeitung wahrscheinlich sein. Diese Entwicklung wird bis in den Bereich stärkerer Dimensionen fortschreiten.

- Gleichzeitig werden die Entwicklungen in der Holzindustrie den Bedarf an geringeren Dimensionen eher steigen lassen (HÖLTERMANN et al., 2000). Bei einigen Baumarten dürfte Starkholz zunehmend an Vermarktungsgrenzen stoßen (SEKOT u. FLACH, 1992).[66]

- Die globalen Handelsprozesse werden die Holzpreise nachhaltig bestimmen. Der Rohholzmarkt wird nach wie vor eine überdurchschnittliche Marktreaktion auf Konjunkturzyklen zeigen und durch unvorhersehbare Großkalamitäten temporär gestört werden können.
- Die gesellschaftlichen Ansprüche an den Wald werden angesichts des gegenwärtig hohen Niveaus weiter ansteigen.

[66] Vgl. PFAHLER (2001); SOPPA (2001).

- Je nach Eigentumsart wird ein differenzierter Informationsbedarf einzelner Betriebe erwachsen. Für den Fall, dass gleichzeitig ein steigender finanzieller Druck auf die Eigentümer einwirkt, wird auch die Notwendigkeit für die Ableitung entscheidungsgerechter Informationen für einen ressourcenoptimalen Umgang mit dem Waldvermögen zunehmen. Dadurch können auch staatliche Verwaltungen zunehmend zu Wettbewerbern anderer Eigentumsformen werden.

- Verwaltungs- und Organisationsstrukturen werden einer fortwährenden Überprüfung unterliegen, wobei erhoffte Rationalisierungspotenziale die Tendenz zu größeren Einheiten weiter fördern könnten.

Bereits diese Aufzählung einiger weniger Aspekte macht deutlich, dass keineswegs von klar strukturierten oder vorhersagbaren Rahmenbedingungen für die Forstbetriebe ausgegangen werden kann. Gleichzeitig wird unweigerlich bei vielen Verantwortlichen in Forstbetrieben eine große Skepsis gegenüber einer stärker ökonomisch ausgerichteten Prognose in der forstbetrieblichen Planung anzutreffen sein. Die Bedenken erscheinen aufgrund der Erfahrungen in der Vergangenheit durchaus erklärbar, sollten aber keinesfalls zu einer kategorischen Ablehnung dieser Verfahren führen. Eine mögliche Diversifizierungsstrategie[67] kann allerdings nur ein Bestandteil der betrieblichen Zukunftsvorsorge sein; eine stärkere Integration des Prognose- oder Szenariogedankens in den forstbetrieblichen Planungsprozess aber nicht ersetzen.

***Tab. 1**: Vergleich von prognose- und szenariogestützter Planung (aus: STEINMÜLLER, 1997).*

prognosegestützte Planung	**szenariogestützte Planung**
konzentriert sich auf Gewißheiten, maskiert Ungewißheiten	konzentriert sich auf Ungewißheiten, legitimiert die Berücksichtigung von Ungewißheiten
ergibt Projektionen[1] zu einem Punkt hin /lineare Projektionen	ergibt logische Bilder der Zukunft
quantitativ	qualitativ
verbirgt Risiken	unterstreicht Risiken
favorisiert die Trägheit	favorisiert Flexibilität und Verantwortungsbewußtsein
einfach	komplex

[1] Projektionen sind nach WEBER (1990) unter die zeitreihengestützten Prognosemethoden einzuordnen.

Neben den beiden Ansätzen der Sensitivitäts- und Szenarioanalyse werden von STEINMANN u. SCHREYÖGG (1997) noch eine Reihe weiterer Verfahren zum Umgang mit Unsicherheit und Dynamik vorgestellt. Zu nennen ist dabei besonders der Ansatz der Alternativ- oder Eventualplanung. Eventualpläne werden im Gegensatz zu Szenarien bei Eintritt der einer Planung zugrunde liegenden Schlüsselereignisse wirksam und bieten nicht die in der Abbildung 5, S. 29, zusammengefassten weitergehenden Funktionen von Szenarien.

---

[67] Hier sei auf den Begriff des *„wohlassortierten Warenlagers“* verwiesen (KASTRUP 1996: *S. 40*).

3 Grundlagen für einen fachbezogenen Modellentwurf

3.1 Zielpluralität

Nicht erst seit der Publikation der klassischen Waldfunktionenlehre (DIETERICH, 1953)[68] wird in der wissenschaftlichen Diskussion über die generelle Struktur forstlicher Zielsysteme genauso kontrovers diskutiert wie über die hierarchische Stellung und Gewichtung einzelner Teilziele (NIEßLEIN, 1985; TZSCHUPKE, 1991). Präzise formulierte Zielinhalte, Kriterien und Indikatoren sind für die Lösung der vielschichtigen Abwägungs- und Bewertungsprozesse im Rahmen einer multifunktionalen Forstwirtschaft unerlässlich (SAGL, 1995b). Das forstbetriebliche Zielsystem ist somit Ausgangspunkt und Fundament für eine *„zweck- und wertrationale“* Planungstätigkeit und Entscheidungsfindung (KASTRUP, 1996: *S. 142ff.*).

Die Abbildungsmöglichkeit der multikriteriellen Struktur forstbetrieblicher Zielsysteme ist bei der konzeptionellen Entwicklung von Modellen zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung ein wichtiger Grundsatz. Einfach strukturierte Zielfunktionen sind für diese Aufgabe eher ungeeignet, wie die historische Auseinandersetzung zwischen Boden- bzw. Waldreinertragslehre belegt. Multifunktional ausgerichtete Betriebsmodelle unterstützen hingegen auch mehrkriterielle Planungs- und Entscheidungssituationen, indem beispielsweise ökologische Kriterien, Aspekte der Bestandesstabilität als auch monetäre Kriterien gleichrangig berücksichtigt werden (PRETZSCH et al., 1998).[69]

3.2 Berücksichtigung ökonomischer Kriterien

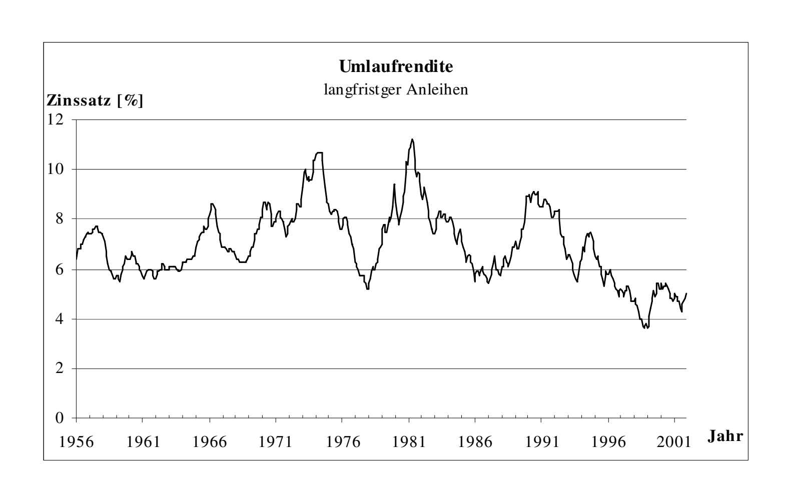
Werden neben Liquiditätszielen auch Vermögens- bzw. Rentabilitätsziele formuliert, ist das Modellkonzept um die Modellgruppe der dynamischen Investitionsrechnung zu ergänzen (KATÓ, 1986, 1996; ROSE et al., 1988; HANEY, 2001). Staatliche Forstverwaltungen nennen als finanzielle Ziele[70] u. a. das Erreichen bestmöglicher erwerbswirtschaftlicher Ergebnisse, die Erwirtschaftung von Überschüssen und die Sicherung dauerhafter Erträge (BIERMAYER, 1998; TEGELER, 1998). Die Kennzahl zur Bewertung der Zielerreichung ist der höchste Waldreinertrag als maximale Differenz zwischen Ertrag und Aufwand (ALBERT u. WOMELSDORF, 1989).[71] Ein Zinsanspruch an das eingesetzte Kapital durch Festlegung einer auf das Eigenkapital oder Betriebskapital bezogenen Mindestrendite wird mit dem Hinweis auf das zwangsläufige Absinken der Holzvorräte und einer Entwicklung hin zur Plantagenwirtschaft

[68] S. a. die Arbeiten von v. HAGEN (1867) und GAYER (1880, 1886).
[69] Vgl. WAGNER (2000: *S. 121*).
[70] S. a. monetäre Ziele bei SPEIDEL (1984: *S. 34f*).
[71] Zu den Erfolgsgrößen s. a. OESTEN u. ROEDER (2002: *S. 65ff.*). Als absolute Rentabilitätskennzahl gilt der (Betriebs-)Erfolg (synonym: (Wald-)Reinertrag, der pagatorische Gewinn, der pagatorische Erfolg), der sich als Saldo aus Erträgen minus Aufwendungen einer Rechnungsperiode ergibt. Der Saldo von Leistungen minus Kosten einer Periode wird als Betriebsergebnis (synonym: kalkulatorischer Gewinn) bezeichnet.

abgelehnt. Würde dieser Vorgabe gefolgt, könnte auf jegliche investitionstheoretische Betrachtung verzichtet werden. Bei Berücksichtigung dieser Einschränkung ist es nach allgemeinem betriebswirtschaftlichem Verständnis allerdings verfehlt, weiterhin von einem gewinnorientiert ausgerichteten Forstbetrieb zu sprechen, da keine Kapitalkosten angesetzt werden. BIERMAYER (1998: *S. 2*) spricht davon, dass: *„der Forstbetrieb (...) – unter Beachtung der Grundsätze einer naturnahen Forstwirtschaft – gewinnorientiert ausgerichtet“* sein soll.

Das Verwerfen der Kapitalkosten ist nicht nur bei einer defizitären Waldwirtschaft fahrlässig, bei der tatsächlich Finanzierungskosten auftreten. RIPKEN (1997) verweist im Zusammenhang mit den Problemen der forstlichen Erfolgsrechnung darauf, dass der Aufwand keine Zinskosten für das Eigenkapital enthält. Die Kalkulation von Opportunitätskosten, die durch die Möglichkeit zur alternativen Kapitalverwendung entstehen, ist ein grundlegendes Anliegen der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre[72] und als Ergebnis vergleichender Investitionsrechnungen entscheidungsrelevant. Der Verzicht auf Zinskosten bei der forstwirtschaftlichen Produktion wird auf die Diskussion um die Bodenreinertragslehre zurückgeführt.

***Abb. 7**: Umlaufrendite für langlaufende Anleihen der öffentlichen Hand.*[73] *Der Durchschnitt für 5/1956 bis 3/2002 beträgt 6,9 %. (Quelle: Deutsche Bundesbank, 2001).*



MÖHRING (1994) hat auf die gleichermaßen normativen Vorgaben bei der Wahl des Zinssatzes von Boden- und Waldreinertragslehre hingewiesen. Die Bodenreinertragslehre rechnet mit dem forstlichen Zinsfuß von 3 %, die Waldreinertragslehre setzt hingegen einen Kalkulationszins von 0 % an (MÖHRING, 2001a). Beide Prozentsätze sind als *„Extreme“* lediglich zwei mögliche Kalkulationszinsfüße.[74]

Je nach Zeit- und Risikopräferenz sowie tatsächlichen Finanzierungskosten oder Anlagealternativen (Abb. 7) kann jeder andere Zinsfuß bei der Bewertung unterschiedlicher investitions-

---

[72] S. a. Abschnitt 2.3.1, S. 17.
[73] Vgl. HERBERG (1995: *S. 57*).

theoretischer Kalkulationen Verwendung finden.[75] Nach HOLM (1979: *S. 28*) *„genügt bei innerbetrieblichen Kalkulationen ein Zinsfuß, der dem effektiven Zinsfuß des Gesamtbetriebes entspricht.“*[76] Eine von der Dogmengeschichte unberührte Interpretation der zu erwartenden Ergebnisse vorausgesetzt, sollten daher investitionstheoretische Modelle Bestandteil jedes forstbetrieblichen Planungs- und Steuerungsmodells sein. KATÓ (1975: *S. 294*) stellt dazu fest *„unsere Methoden der Investitionsrechnung arbeiten mit weitgehenden Vereinfachungen und sind mit erheblichen Gefahren einer Fehleinschätzung belastet.“* Wenn die Fehlermöglichkeiten bekannt sind und bei der Ergebnisinterpretation Berücksichtigung finden, sollte allerdings auf Modelle der Investitionsrechnung nicht verzichtet werden (KATÓ, 1975).

3.3 Forsteinrichtung als Element des forstbetrieblichen Führungssystems

3.3.1 Entwicklungsstand und Perspektiven für die Forsteinrichtung

Die Forsteinrichtungspraxis war traditionell überwiegend und ist immer noch weitgehend durch deduktive Modellansätze gekennzeichnet. Die klassische Forsteinrichtung mit dem Verfahren einer bestandesweisen Schätzung mit anschließender waldbaulicher Einzelplanung, erweitert um gesamtplanerische Aspekte durch die Ableitung von Hiebssatzweiser für die Betriebsebene, sichert die Nachhaltigkeit. Der unmittelbare Flächenbezug als unentbehrliche Managementstütze für den Betriebsvollzug war durch das Planungssystem gewährleistet. Wegen der Forderung nach einem unmittelbaren Bestandesbezug, beansprucht die Erhebung der naturalen Datengrundlage allerdings einen erheblichen Anteil am Gesamtbudget der Forsteinrichtungsarbeiten.

SPELLMANN (1987) beziffert den Anteil am gesamten Arbeitsvolumen, den die Forsteinrichtung für die Zustandserfassung aufwendet, auf 70 % bis 90 %. Die übrigen Teilaufgaben – Planung und Kontrolle – sind nach dieser Gewichtung erheblich unterrepräsentiert. v. d. GOLTZ (1998) teilt mit, dass für den öffentlichen Wald in Baden-Württemberg zukünftig auf einzelbestandsweise Messungen aufgrund der Genauigkeitsansprüche sowie der Kostenbelastung vollständig verzichtet werden soll.[77] Die Kostenbelastung wird im Vergleich zu den bisherigen Verfahren der Zustandserhebung um rund 50 % reduziert, ohne nach seiner Meinung einen erheblichen Informationsverlust befürchten zu müssen.

[74] Eine Verzinsungsforderung von 3 % ist allerdings nur in diesem speziellen Zusammenhang als *„extrem“* zu bezeichnen. Sowohl in der Forstwirtschaft selbst (z. B. Plantagen) als auch in anderen Sektoren sind auch erheblich höhere Kapitalverzinsungen möglich.

[75] Vgl. auch OESTEN (1991: *S. 537*). Dem *„wertabsolutistischen“* Leitprinzip der Boden- wie auch der Waldreinertragslehre wird ein *„wertrelativistisches“* Leitprinzip der modernen forstlichen Betriebswirtschaftslehre gegenübergestellt, womit der *„Ausschließlichkeitsanspruch der früheren wertabsolutistischen Lehren aufzugeben“* ist.

[76] Als Richtgröße für die effektiven Zinsfüße mitteleuropäischer Forstbetriebe wird ein Zinssatz von unter 2 % genannt.

Die Abkehr vom typischen Altersklassenwald, verbunden mit einer sich von den Ertragstafelmodellen entfernenden Bestandesbehandlung, stellen neue Herausforderungen an die Forsteinrichtung dar (WEIDENBACH u. KARIUS, 1993; KLEINSCHMIT, 2002). Der Wandel in der Waldbewirtschaftung hat weitreichende Folgen für ein deduktives und auf den Einzelbestand ausgerichtetes Forsteinrichtungsverfahren. SPELLMANN (1991: *S. 63*) stellt dazu fest, *„in stark strukturierten Beständen lassen sich (...) Bestockungsinformationen nicht mehr mit einem angemessenen Aufwand und einer vertretbaren Genauigkeit einzelbestandsweise erheben. Aufgrund veränderter Bestandesstrukturen, Behandlungskonzepte und Umweltbedingungen treffen die in den Ertragstafeln wiedergegebenen Wachstumsabläufe vielfach nicht mehr zu. (...) mit ihrer Hilfe veranschlagte Zuwächse und Nutzungsmassen verlieren ihre Aussagekraft (...).“*

Gleichzeitig ist zu bedenken, dass für private Forstbetriebe die Forsteinrichtung[78] und die Ableitung eines Nutzungssatzes[79] unter steuerlichen Gesichtspunkten auch nach den Änderungen des Jahressteuergesetzes 1999[80] eine nicht zu unterschätzende Bedeutung besitzt. RÖDIG (1999) stellt dazu die Frage, ob – abgesehen von steuerlichen Aspekten in privaten Forstbetrieben – die Forsteinrichtung als Instanz zur Unterstützung der Betriebsführung gegenwärtig noch die richtigen Angebote für die betrieblich entscheidenden Fragestellungen macht. Als Resümee einer Nutzerbefragung teilt JÜNEMANN (1995: *S. 95*) mit, dass *„das Dienstleistungsangebot der Forsteinrichtung (...) häufig an der Nachfrage vorbei“* gehe. Neben den veränderten waldbaulichen Rahmenbedingungen besteht hinsichtlich der ökologischen Perspektive der Waldentwicklung aufgrund weiterer Faktoren deutlich weniger Planungssicherheit als früher (RÖDIG, 1999).[81]

Angesichts dieser Veränderungen befindet sich die Forsteinrichtung in einer Phase des Umbruches (BECK, 1999). Vor diesem Hintergrund wurde in den letzten Jahren eine inhaltliche und instrumentelle Neuorientierung der Forsteinrichtung diskutiert (KÄTSCH, 1998). Dabei wird in der überwiegenden Mehrzahl der Diskussionsbeiträge nicht die Notwendigkeit einer Forsteinrichtung an sich, sondern vielmehr die Zweckdienlichkeit deren Instrumente hinter-

[77] Vgl. v. TEUFFEL (1998: *S. 2*); HEUKAMP (1998: *S. 75*).
[78] Wichtige Verfahrensvorgaben werden von den *„Richtlinien für die Bemessung von Nutzungssätzen“* (BUNDESFINANZMINISTER IV B/2 – S 2143 – 12/56 vom 28.4.1956) vorgegeben.
[79] Steuerlicher Hiebssatz.
[80] Mit dem Jahressteuergesetz 1999 wurden die Vergünstigungen für außerordentliche Nutzungen sowie für Kalamitätsnutzungen erheblich eingeschränkt. Nutzungen aus Kalamitäten werden bei Übersteigen des einfachen Nutzungssatzes gegenwärtig mit dem ½ Steuersatz (bis 1998 ¼), bei Nutzungen über dem doppelten Nutzungssatz mit dem ¼ Steuersatz (bis 1998 ⅛) versteuert.

fragt. Forsteinrichtung soll auch in Zukunft Teil des betrieblichen Managements bleiben und die mittel- und langfristigen betrieblichen Steuerungsaufgaben im Forstbetrieb umfassend unterstützen (WEIDENBACH u. KARIUS, 1993). Der einzelne Waldbesitzer sollte aber der Forsteinrichtung in stärkerem Maß die für ihn maßgebliche Bedeutung individuell beimessen können und entsprechend seine Anforderungen an Art, Umfang und Verfahrensablauf formulieren (SPELLMANN, 1987).

In diesem Zusammenhang wird zunehmend das Bild einer *„Forsteinrichtung nach dem Baukastenprinzip“* geprägt (JÜNEMANN, 1995: *S. 97*; EGIDI, 1996: *S. 80*). Nach dem Baukastensystem können sehr variable Forsteinrichtungsverfahren entworfen werden (BUTTER, 1996; KLEINSCHMIT, 1997). SAGL (1995a: *S. 43*) spricht in diesem Kontext von der Auswahl eines *„ziel- und objektkonformen Methodenmix“*, durch den eine intensitätsflexible Forsteinrichtung gefördert wird (PERPEET, 1995). Nach diesem Prinzip richten sich Art und Umfang der Inventur und Planung an den betrieblichen Erfordernissen aus (STIEHL, 1996; NOEKE, 1996), wobei der Leistungsumfang, den die Forsteinrichtung dabei erbringt, sehr unterschiedlich sein kann (HEUKAMP, 1998; ANDERS, 2001). Neben der bedarfsgerechten Zusammenstellung und der betriebsindividuellen Anpassung der eingesetzten Verfahren soll die freie Gestaltungsmöglichkeit auch auf die Planungszeiträume ausgedehnt werden (RÖDIG, 1999).

Bei der Aufgabenzuweisung an die Forsteinrichtung, umfassende naturale Informationen zur waldbaulichen und ökonomischen Betriebssteuerung bereitzustellen, sowie deren Einordnung in das betriebliche Führungssystem vorzunehmen, ist eine Beschränkung auf die naturale Zustandserhebung zu vermeiden (BITTER, 1994). Namhafte Vertreter einer naturgemäßen Waldwirtschaft wollen die Forsteinrichtung auf deren Kontrollfunktion reduziert wissen und stellen die Legitimation einer forstlichen Planung durch die Forsteinrichtung in Frage (v. ROTENHAN, 1993; FROEHLICH, 1997). Diese Position wird häufig mit der Auffassung begründet, dass die waldbauliche Einzelplanung der Forsteinrichtung die waldbaulichen Freiheiten zu sehr einenge. Wird die Planungstätigkeit der Forsteinrichtung in Zukunft verstärkt auf summarischer und gesamtbetrieblicher Ebene konzentriert, bereinigt sich das Konfliktfeld von selbst. SCHEEDER (1993) weist darauf hin, dass Planung und Kontrolle einer operationalen Zielvorgabe bedürfen, eine Zielvorstellung über Struktur und Aufbau naturgemäßer oder naturnaher Wirtschaftswälder aber häufig fehlt.

Um die Dienstleistungskompetenz der Forsteinrichtung nach dem vorgestellten Baukastenprinzip zu erhöhen, ist bei gleichbleibendem Zeit- und Finanzbudget eine geänderte Aufga-

[81] Als Einflussfaktoren für Unsicherheiten werden u. a. angeführt: zunehmende Kalamitätsereignisse, eine sich abzeichnende Klimaänderung, anthropogen verursachte Stoffeinträge mit Einfluss auf die Böden und das Zuwachsverhalten (SPIECKER, 1995).

benverteilung zwischen Inventur, Planung und Kontrolle anzustreben, die die Dominanz der Zustandserfassung aufhebt (SPELLMANN, 1987). Dazu sind einerseits effizientere Inventurverfahren zu entwickeln. Anderseits ist die mittelfristige Naturalplanung um betriebswirtschaftliche Entscheidungshilfen in Form finanzieller Kalkulationen zu erweitern, die im Idealfall um Alternativplanungen auf der Basis von Simulationsstudien zu ergänzen sind. Nachhaltsgrenzen sollten zuverlässiger und genauer kenntlich gemacht werden, um Handlungsspielräume besser ausschöpfen zu können. Eine gewünschte Flexibilisierung der Forsteinrichtungsplanung, die auch Alternativplanungen beinhaltet, setzt computergestützte Planungssysteme voraus (BITTER, 1991).

Bereits HUSS (1977) erwähnt die Möglichkeit, die mittelfristige Planung für einzelne Forstbetriebe auf der Grundlage wirtschaftlicher Kalkulationen zu optimieren. Zur allgemeinen Aufgabenbestimmung schreibt RÖDIG (1999: *S. 702*): *„Ohne kritische und flächenbezogene Analyse und Wertung (...) ist eine (..) langfristige Folgenabschätzung und Formulierung genereller forstlicher und forstbetrieblicher Entscheidungen nicht möglich (...). An dieser Stelle werden von der Forsteinrichtung wesentliche Beiträge zum strategischen Management eines Unternehmens und seiner Zukunftssicherung geleistet."*

Nach diesem Verständnis ist die Forsteinrichtung nicht nur Quelle steuerungsrelevanter Informationen, sondern insgesamt als ein umfassendes Planungs- und Führungssystem zu verstehen, das die Aufgaben erfüllt, die an ein modernes Management-Support-Konzept gestellt werden (HANEWINKEL, 2001; BITTER, 2002). Dazu sind zunächst die einzelnen Verfahren, Methoden und Instrumente zu benennen, die zur Aufgabenerfüllung notwendig sind. Nach SPELLMANN (1991) kann nur die Entwicklung einer stärker induktiv arbeitenden Forsteinrichtung sinnvoll sein, die sich nicht an allgemeinen Modellen orientiert, sondern sich vom einzelnen Objekt leiten lässt.

Zusätzlich zu der Ein- und Anordnung im Planungsmodell[82] sind auch Schnittstellen zu Nachbarsystemen notwendig. Forsteinrichtungsarbeiten sind ohne die Grundlagen, die forstliche Informationssysteme bereitstellen, kaum effizient durchzuführen (GUNDERMANN, 1999). Gleichzeitig stellen die Ergebnisse der Forsteinrichtung periodisch wesentliche Inhalte für das betriebliche Informationssystem zur Verfügung und verbessern damit die Informationsgrundlage für forstbetriebliches Handeln. Hier ist auch die stärkere Verzahnung mit den operativen Systemen einzuordnen (SCHUSSER, 1999), damit die Planungsdaten aus der Forsteinrichtung sowohl für die Jahresplanung bereitstehen als auch jederzeit ein aktueller Soll-Ist-Vergleich und somit eine aktuelle Datenhaltung sichergestellt ist (KEILEN, 1990).

[82] Vgl. Abbildung 8 in Abschnitt 4.1, S. 60.

3.3.2 Aufgaben einer führungs- und steuerungsorientierten Forsteinrichtung

Die Forsteinrichtung hat seit jeher mit den zur Verfügung stehenden Verfahren und Methoden unter Berücksichtigung des betrieblichen Handlungsrahmens sowie unter besonderer Bewertung des natürlichen Ressourcenpotenzials einen wichtigen Beitrag zur forstbetrieblichen Zielerreichung geleistet (TZSCHUPKE, 1989). Geänderte Rahmenbedingungen begrenzen allerdings die Einsatzmöglichkeiten der bisher auf Altersklassen und Normalwaldmodell[83] ausgerichteten Forsteinrichtungsverfahren und machen Verfahrensanpassungen notwendig (STIEHL, 1996).[84]

Neben einer vergleichsweise sehr gezielten Diskussion über innovative Inventurverfahren ist die Auffassung über die Stellung der Forsteinrichtung im betrieblichen Führungssystem uneinheitlich (KLEINSCHMIT, 1997; PEERENBOOM, 1997). Die systematische Einordnung und Aufgabenzuweisung an die Forsteinrichtung variiert in einem weiten Rahmen. Die Aufgabenübertragung reicht von einer engen Beschränkung auf die Erhebung naturaler Zustandsdaten[85] (EGIDI, 1998), bis hin zu einem sehr modernen betriebswirtschaftlichen Verständnis als Instrument des mittelfristigen Controllings mit engem Bezug zur laufenden Betriebssteuerung (WEBER, 1993).

SPEIDEL (1972: *S. 16*) bezeichnet die Forsteinrichtung noch knapp *„als die Lehre von der mittelfristigen wirtschaftlichen Planung im Forstbetrieb."* Ein aktueller Vergleich mit den Erkenntnissen der allgemeinen Planungswissenschaft zeigt, dass in einem dynamischen wirtschaftlichen Umfeld zusätzlich analysierende und bewertende Funktionen notwendig werden und in einem führungs- und steuerungsorientierten Planungssystem zu bündeln sind. Als Beitrag zur Lenkung nachhaltiger Systeme ist die Forsteinrichtung historisch gesehen eng mit dem regulierenden Element[86] der Lenkung verbunden. Hierfür stehen die Begriffe Ertrags- oder Betriebsregelung. Als komplementärer aktiv-agierender Teil der Lenkung orientierte sich die Steuerung[87] auf die Zieldefinition und Festlegung von Strategien (BERNASCONI, 1995).

*„**Steuerung** umfasst jene Prozesse, welche Strukturanpassungen einleiten. Diese können vorausschauend auf künftige Ziele ausgerichtet sein, oder sie können als Korrekturmaßnahmen aufgrund gegenwärtiger Entwicklungen und eingetretener Störungen erfolgen"* (BERNASCONI, 1995: *S. 80*).

---

[83] S. a. EBERT (1989: *S. 231*) der dem Normalwald ein *„stammzahlorientiertes Betriebsklassenmodell"* gegenüberstellt.
[84] Vgl. Abschnitt 3.3.1, S. 36.
[85] Beschränkung der Forsteinrichtung auf ein mittelfristiges Naturalcontrolling.
[86] BERNASCONI (1995: *S. 82*) verwendet auch die Bezeichnung *„reagierendes Element"*.
[87] Englisch: control.

Nach v. TEUFFEL (1997) und KLEINSCHMIT (1997) liegt eine Hauptaufgabe der Forsteinrichtung in der gesamtbetrieblichen Steuerung sowie Kontrolle und ist integraler Bestandteil eines forstbetrieblichen Controllingkonzeptes. Zu den Controllingverfahren im Zuge der Forsteinrichtung stellt RIPKEN (1993: *S. 248*) allerdings fest, *„(...) dass die Forsteinrichtung als Controllinginstrument nicht voll wirksam ist."* Bei einer Weiterentwicklung der Forsteinrichtung als Planungsinstrument und einer laufenden Aktualisierung *„könnte das Betriebswerk auch dem Controlling für laufende Soll-Ist-Vergleiche dienen."* Nicht zuletzt mit der Einführung der Budgetierung erhalten die Forstbetriebe die Kompetenz zu mehr Flexibilität. Ein höherer Flexibilisierungsgrad im laufenden Betrieb muss durch ein leistungsfähiges mittelfristiges Controllingsystem begleitet werden (MERKER, 1997).

In diesem Zusammenhang weist BIERMAYER (1998) darauf hin, dass Daten des Betriebsvollzuges, ergänzt um die Ergebnisse der Betriebsanalyse nicht nur der jährlichen Betriebssteuerung dienen, sondern in Kombination mit Inventurergebnissen eine Beurteilung der Entwicklungsdynamik erlauben und eine wertvolle informatorische Basis für mittel- und langfristige Entscheidungen bieten.

Nach SCHREYER (1991) ist eine Steuerung der Waldwirtschaft schwierig und nicht unproblematisch. Die Ursache liegt u. a. in der Trägheit des Ökosystems. Der Handlungsspielraum im Bereich der Pflege wird als eher gering eingeschätzt. Neben historischen *„Orientierungsfehlern"*[88] können allerdings auch gegenwärtig einzelne Aspekte[89] bei aktuellen Steuerungsentscheidung überbetont werden.

Die Zuverlässigkeit der mittelfristigen Planung erwies sich in der Vergangenheit als eher gering (RIPKEN, 1993), obwohl Datenbestände und Informationen teilweise umfangreich und kostenintensiv erhoben worden sind. Die Verbesserungen, die durch geänderte Inventurverfahren erreicht werden konnten, werden in Abschnitt 3.4.1[90] erläutert. Zusätzlich zeigt die Erfahrung, dass die mittelfristige Forsteinrichtungsplanung mit zunehmendem zeitlichem Abstand zum Einrichtungsstichtag die Steuerungsfunktionen einbüßt.

---

[88] Von SCHREYER (1991: *S. 331*) werden hier die im Zuge der Bodenreinertragslehre begründeten Fichtenbestände auf Problemstandorten und die Umwandlung von Laubwäldern in Kiefern-Laubholz-Mischbestände angeführt.
[89] Augenblickliche Verwertungssituationen.
[90] Siehe hierzu S. 45.

3.3.2.1 Die Bedeutung der Forsteinrichtung als Instrument wirtschaftlicher Planung

Neben den klassischen naturalen Zielen für die Waldentwicklung sollte die Forsteinrichtung auch ökonomische Zielvorstellungen beinhalten und hinreichend genau für verschiedene Ebenen operationalisieren können. Von den Planungen der Forsteinrichtung wird eine erhöhte Flexibilität erwartet; es werden einerseits Leitbilder bzw. alternative Ziele statt Zielpunkte vereinbart, andererseits werden die Zielsetzungen eher für größere Befundeinheiten als für Einzelbestände festgelegt (KLEINSCHMIT, 1997).

In der forstlichen Praxis wird der Begriff der Befundeinheit entsprechend der ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1997: *S. 88*) definiert als:

*„Die **Befundeinheit** ist eine am Untersuchungszweck orientierte Zusammenfassung von Beständen bzw. Stichprobenpunkten innerhalb eines Forstbetriebes. Wichtige Befundeinheiten in der Dauerwaldeinrichtung sind Bestandestypengruppen und Waldentwicklungstypen.*[91] *Sie können für Zwecke der Inventur und Planung weiter in Sub-Straten untergliedert werden, die sich an natürlichen Altersstufen orientieren."*

Naturale einzelbestandsweise Planungsansätze ohne betriebswirtschaftlichen Abgleich und den Entwurf alternativer Handlungsoptionen werden diesem Anspruch nicht gerecht. Regelmäßige betriebsweise Stichprobeninventuren[92] bieten gute Voraussetzungen für eine umfassend ökonomisch ausgerichtete Forsteinrichtung. Darauf aufbauend und ergänzt um die notwendigen betrieblichen Zielvorgaben sollten nach BIERMAYER (1998) in der Planungsphase im naturalen Bereich[93] Variantenstudien erfolgen, die mit ökonomischen Szenarien verknüpft eine Strategie- und Liquiditätsplanung erlauben. Als Aufgabenträger für diese weitreichende Planungstätigkeit wird von BIERMAYER (1998: *S. 3*) das Bild eines *„internen forstlichen Unternehmensberaters"* entworfen.

RIPKEN (1997) spricht sich dafür aus, dass im Rahmen der Forsteinrichtung Ziel- und Maßnahmenabwägungen unter monetären Gesichtspunkten erfolgen und somit auch finanzielle Ergebnisse prognostiziert werden. Das notwendige forsteinrichtungstechnische Instrumentarium sollte Kalkulationen für verschiedene Maßnahmenvarianten sowie einfache Investitionsrechnungen ermöglichen.

---

[91] Vgl. Definition des Waldentwicklungstyps (WET), S. 50.
[92] Siehe Abschnitt 3.4.1, S. 45.
[93] Sorten- und Wertleistung.

Aus der Gegenüberstellung von Modellkalkulationen und finanziellen Erwartungen ließen sich die Auswirkungen unterschiedlicher Einschlagshöhen, Hiebssatzstrukturen und Waldentwicklungen bewerten, gegeneinander abwägen und Entscheidungsvorlagen ableiten. Die Bedeutung der Forsteinrichtung als Instrument ökonomischer Planung wird zusätzlich unterstrichen, indem die Forsteinrichtung unter bestimmten Umständen auch ökonomische Prognosen bereitstellen sollte.

Von KLEINSCHMIT (1997) wird mitgeteilt, dass tatsächlich in weniger als der Hälfte der Bundesländer die Forsteinrichtung im öffentlichen Wald unmittelbar auf finanzielle Ziele[94] ausgerichtet ist und damit die von RIPKEN (1997) formulierte finanzielle Optimierung bisher nur in Ansätzen verfolgt wird. Als Hindernis für einen flächendeckenden Einsatz von Methoden der Investitionsrechnung und Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen in der praktischen Forsteinrichtung werden die unzureichenden Kenntnisse über die Ertragsentwicklung besonders in naturnahen Beständen und die Schwankungen der Holzerlöse unter Weltmarktbedingungen genannt (RIPKEN 1997).

Wichtige Beiträge werden von der Forsteinrichtung insbesondere zur Beantwortung der Frage nach einer möglichst optimalen Ausnutzung des wirtschaftlichen Potenzials im Forstbetrieb erwartet. Im Vordergrund steht in diesem Zusammenhang häufig eine fundierte Bewertung für Nutzungspotenziale in hiebsreifen Beständen. RIPKEN (1997: *S. 65*) stellt dazu fest, *„die Erträge müssen vor allem durch Ausschöpfen der nachhaltigen Nutzungsmöglichkeiten im Starkholz erhöht werden.“*

Diese Frage wird aktuell unter dem Befund einer Vorratsakkumulation, hoher Zuwächse und nicht ausgeschöpfter Nutzungsmöglichkeiten gestellt.[95] Exemplarisch zeigt TEGELER (1998) anhand einer Simulation für ein gängiges Nutzungskonzept in Buchenaltbeständen mit einer 30-jährigen Fortschreibungsperiode, dass unter Annahme eines um 20 % über dem Ertragstafelwert angesetzten Zuwachses, Nutzungspotenziale gegenwärtig nicht ausgeschöpft werden.[96] Infolge von Risikozunahme und Entwertungserscheinungen führen reduzierte Nutzungen insgesamt zu einer merklichen Vorratswertminderung. BIERMAYER (2000a) kommt für die Bayerische Staatsforstverwaltung zu einem ähnlichen Befund. Die Höhe der aktuellen

[94] Hohe Geldbeträge, Liquidität der Forstbetriebe.
[95] S. a. TEGELER (1998: *S. 11*) und BIERMAYER (1998: *S. 4*).
[96] Für den Zeitraum von 1960 bis 1990 zeigt TEGELER (1998: *S. 12*) für den Hessischen Staatswald, dass sich die Buchenvorräte in Beständen über 140 Jahre *„im Durchschnitt der hier untersuchten Jahre (...) um rund 90.000 Vfm je Jahr“* erhöht haben. Der Buchenvorrat stieg also von rund 5,6 Mio. Vfm auf 8,4 Mio. Vfm.

Nutzungen gefährdet die Buchenaltholzvorräte nicht. Durch hohe Zuwächse wird stattdessen der Stark- und Altbaumvorrat weiter anwachsen.[97]

Als Ergebnis des oben Gesagten sollte sich die Forsteinrichtung verstärkt mit Durchmesserverteilungen auseinander setzen und die Herleitung dimensions- und güteklassenbezogener Hiebssätze anstreben[98] (TEGELER, 1998). In einem als dimensionsnachhaltig beschriebenen Ansatz ist es Aufgabe der Forsteinrichtung, den Betrieben deren *„Durchmesser- und Sortenstruktur für den wertvollsten Teil ihrer Bestände aufzuzeigen und ihnen so die Angst zu nehmen, dass die vermeintlich letzten dicken Bäume genutzt werden“* (TEGELER, 1998: *S. 18*).[99]

3.4 Herausforderungen für alternative Inventur- und Planungsmethoden

Eine hohe Vielfalt hinsichtlich Stufigkeit, Baumartenmischung sowie ein kleinflächiger Wechsel der Bestockungsstrukturen erschweren im Unterschied zum Altersklassenwald den Einsatz herkömmlicher bestandesweiser Verfahren der Forsteinrichtung in strukturreichen Wäldern.[100] Die Zustandserfassung ist zum einen mit großem Aufwand verbunden zum anderen werden die Daten nur mit unbefriedigender Genauigkeit erhoben. In der Forsteinrichtung finden sich deshalb neben den traditionellen Bestandesinventuren in steigendem Maß auch betriebsweise Inventuren auf Stichprobenbasis.

Die Idee einer Stichprobenaufnahme gegenüber einer Vollerhebung geht u.a. auf KRUTZSCH u. LOETSCH (1938) zurück. Die Entstehungsgeschichte der Kontrollstichprobenmethode ist eng mit dem Namen SCHMID-HAAS verbunden. Bereits 1962 haben SCHMID-HAAS et al. (1978) den methodischen Ansatz der Kontrollstichprobe formuliert. Erste Erfahrungen mit noch überwiegend temporären[101] Stichprobeninventuren liegen in der Bundesrepublik Deutschland seit Anfang der fünfziger Jahre des 20. Jh. vor. Die Entwicklung ging dabei von Betrieben aus, die Plenterwälder bewirtschafteten oder den Grundsätzen der naturnahen Waldwirtschaft verbunden waren. In Niedersachsen wurde erstmals 1950 eine Betriebsinventur auf Stichprobenbasis durchgeführt (NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT, 1994). Bayern folgte 1970 mit einer ersten Großrauminventur auf Stichprobenbasis. Die Inventurmethode ist unter geringfügigen Abwandlungen 1972 als Betriebsinventur fortgeführt worden

---

[97] Bei sehr vorsichtig geschätzten Durchmesserzuwächsen wird allein der Vorrat von Buchen mit einem BHD über 81 cm in den nächsten 10 Jahren auf 150 % bzw. 200 % des aktuellen Wertes ansteigen.

[98] Die notwendigen Informationen über Vorräte und Zuwächse können seit längerem bereits durch Stichprobeninventuren statistisch abgesichert erhoben werden und gegebenenfalls auch für Planungen auf Bestandesebene genutzt werden (s. a. Abschnitt 3.4.1, S. 45). Die Entwicklung geeigneter Inventurverfahren ist in den einzelnen Bundesländern allerdings unterschiedlich weit vorangeschritten. Festzustellen ist, dass gerade die Nutzung der ausreichend vorhandenen Alt- und Starkholzbestände nur zögerlich erfolgt.

[99] Vgl. MANTEL (1959); WALDHERR (1995); OBERGFÖLL (1997).

[100] Vgl. ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1997).

[101] Stichprobenpunkte sind nicht fest vermarkt und werden bei Wiederholungsinventuren nicht erneut erhoben.

(FUCHS, 1999). In Baden-Württemberg ergänzen Betriebsinventuren auf Stichprobenbasis als Teil der Zustandserfassung seit 1986 die Forsteinrichtungsarbeiten (HRADETZKY, 1998). In diesen drei Bundesländern besteht die längste Erfahrung mit Stichprobeninventuren auf Betriebsebene (ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG, 1990). Zusätzlich werden in einigen Bundesländern landesweite Inventuren auf der Basis permanenter Stichproben konzipiert und durchgeführt (HEUPEL, 1994; LANDESFORSTVERWALTUNG NRW, 1997).

3.4.1 Betriebsinventuren als Verfahrenselement der Forsteinrichtung

Die angestrebte einzelstammweise Nutzung[102] führt zu Strukturen, die immer weniger einem konventionellen Altersklassengefüge entsprechen. Mit der Hinwendung zu einem naturnäheren Waldbau sind auch die Forsteinrichtungsmethoden zu überdenken. Die Verwendung des Altersklassenverfahrens für die mittelfristige Planung ist nur eingeschränkt nutzbar, da sich die zeitliche und räumliche Gliederung zunehmend auflöst. Gleichzeitig sind die bisherigen Verfahren der Zustandserfassung sowie Art und Umfang der Erhebungsvariablen zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Neuere Planungssysteme nutzen deshalb in steigendem Umfang Stichprobeninventuren als bestimmendes Verfahrenselement zur naturalen Zustandserhebung. In der Vergangenheit wurden die Probeflächen teilweise nur temporär erfasst und bei Folgeinventuren jeweils unterschiedliche Stichprobenraster gewählt.[103] Die eingeschränkte Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Erhebungen, insbesondere für die wichtige Zielgröße des Zuwachses, haben die Entwicklung permanenter Stichprobenraster mit exakt eingemessenen und fest vermarkten Probepunkten gefördert. In Form permanenter Betriebsinventuren sind Stichprobenverfahren als wichtige Grundlage für die mittelfristige Planung inzwischen weit verbreitet.[104]

*„Die **Betriebsinventur** ist eine auf einen Forstbetrieb oder größere Betriebsteile nach mathematisch-statistischen Gesichtspunkten ausgerichtete Erfassung von Waldzustand und Planungselementen auf Stichprobenbasis (..)“* ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1990: *S. 10*).

Der Entwicklungsprozess bei der Verfahrensgestaltung von Betriebsinventuren ist allerdings noch nicht abgeschlossen. Insbesondere dort, wo Folgeinventuren anstehen oder bereits Er-

---

[102] Nach BURSCHEL u. HUSS (1987: *S. 25*) wird die regelmäßige Entnahme weniger meist starker Bäume als *„Einzelstammwirtschaft“* oder *„geregelte Plenterung“* bezeichnet. Die Einzelstammnutzung bzw. Einzelbaumnutzung wird hier als *„selektive Ernte und Entnahme von Bäumen nach ihrer jeweiligen Pflegebedürftigkeit und Hiebsreife mit mäßigen, niemals vollen Mengenentnahmen je Flächeneinheit“* verstanden (HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1999: *S. 83*).

[103] Dies gilt u. a. für die Inventuren in Niedersachsen bis 1981 (NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT, 1994). In Bayern wurde erstmalig 1984 die permanente Stichprobeninventur eingeführt (FUCHS, 1999).

[104] Vgl. Abschnitt 3.4, S. 44.

gebnisse vorliegen, ergibt sich konzeptioneller Handlungsbedarf (v. d. GOLTZ, 1998). Dennoch lassen sich aus den unterschiedlichen Entwicklungslinien einige Standards ableiten.[105]

Die Zielsetzungen betriebsweiser Stichprobenerhebungen gehen weit über die Vorratsschätzung im Zuge der Forsteinrichtung hinaus. Betriebsinventuren liefern umfangreiche statistisch abgesicherte Informationen über den Waldzustand, die als objektive Grundlage für eine zielorientierte Betriebssteuerung dienen können. Ergebnisgrößen sind u. a. Gesamtvorrat, dessen Stärkeklassenverteilung, Baumartenanteile, Grundflächenhaltungen und Verjüngungsvorräte. Im Vergleich zu Schätzverfahren ergibt sich eine deutlich fundiertere naturale Datenbasis, die gleichzeitig eine qualitativ verbesserte Nutzungsplanung erwarten lässt.[106] Die Informationen aus der Stärkeklassengliederung können für Nutzungsentscheidungen nach Zieldurchmessern sowie für die Simulation differenzierter Eingriffstypologien in der Durchforstungsphase genutzt werden.

In der vorliegenden Untersuchung sind die berechneten Stammzahl-Durchmesser-Verteilungen wichtige Startgrößen für die Wachstumsmodellierung. Auf diesem Wege lässt sich der ausscheidende Bestand hinsichtlich der Durchmesser- und Sortenverteilung erheblich genauer beurteilen, als dies alternativ über Kalkulationen mit einem mittleren BHD des ausscheidenden Bestandes aus Ertragstafeln möglich wäre.

Für die betriebliche Steuerung und Nutzungsplanung oberhalb der Ebene des Einzelbestandes ist eine verlässliche Zuwachsinformation besonders wichtig (SPEIDEL, 1972). Zahlreiche Untersuchungen zeigen allerdings, dass bei ertragstafelgestützter Zuwachsschätzung erhebliche Fehler entstehen (AKÇA et al., 1989, 1996). Ertragstafelgestützte Zuwachsschätzungen geben die tatsächlichen Zuwachsverhältnisse sowie die potenziellen Nutzungsmöglichkeiten nur schlecht wieder (REIMEIER, 1999, 2000). Die Planungen, die sich auf diese Zuwachsgrößen stützen, sind dann mit erheblicher Unsicherheit behaftet (KLEIN, 1991). Mit einer Erstinventur auf Stichprobenbasis lassen sich zunächst nur Zustandsgrößen beschreiben. Zuwachsinformationen können nicht unmittelbar abgeleitet werden, wenn nicht zusätzlich Zuwachsbohrungen durchgeführt werden (NAGEL, 1998). Verlässliche Informationen über den Zuwachs in der Aufnahmeperiode lassen sich erst nach einer Wiederholungsinventur gewinnen. Speziell Stichprobeninventuren stellen somit eine wichtige Voraussetzung für die Erfolgskontrolle dar, indem sich nach Wiederholungsinventuren neben den Zustandsgrößen auch Entwicklungsdynamiken beurteilen lassen.

[105] Vgl. ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1997).
[106] Vgl. ANDRAE (1990).

Diese Zuwachsinformation ist aber nicht vorbehaltlos auf die anschließende Planungsperiode übertragbar, da periodische Zuwächse stark von Witterungseinflüssen beeinflusst werden können (NAGEL, 1998). Verbesserte Prognoseergebnisse zur Zuwachsentwicklung, die durchschnittliche Witterungsverhältnisse, Mischbestandsstrukturen und moderne Behandlungsvarianten als Modellgrundlage berücksichtigen, sind durch den Einsatz EDV-basierter Wuchsmodelle zu erwarten. Sind diese Wuchsmodelle zusätzlich über die Variation klimatischer Standortsfaktoren steuerbar, können unterschiedliche Umweltszenarien auf deren Zuwachswirkungen hin miteinander verglichen werden.[107]

Ein systembedingter Nachteil von Stichprobenverfahren ist der Verlust an flächenbezogenen Informationen (BITTER, 1998a). Im Vergleich zur Bestandesinventur[108] im Rahmen der Forsteinrichtung liefert die Betriebsinventur üblicherweise keine Informationen für den Einzelbestand. Mit Stichprobenverfahren können Zustandsdaten nur für die Befundeinheiten berechnet werden, für die ein ausreichend großer Stichprobenumfang vorhanden ist. Für die Ebene des einzelnen Bestandes ist eine statistisch abgesicherte Aussage nicht unmittelbar zu erwarten, da bei Stichprobenrastern von meist 2 ha selbst bei Bestandesgröße von beispielsweise 3 ha bis 5 ha nicht genügend Stichprobenpunkte für die Auswertung zur Verfügung stehen. Hinweise zur Genauigkeit bei teilflächenweisen Inventuren sowie zur Anzahl an Winkelzählproben zur Erhebung der Bestandesgrundfläche finden sich bei ULBRICHT (1978) und KRAMER u. AKÇA (1987).[109] Teilweise werden bei hinreichend großen Flächeneinheiten aus den zugehörigen Stichprobenpunkten durchschnittliche Inventurergebnisse für einzelne Bestände berechnet (ANONYMUS, 1998).

3.4.1.1 Flächenbezogene Informationen

Angesichts der einzelbestandsweisen Bewirtschaftung der Wälder sind gleichzeitig und zusätzlich zu den Aufgaben auf der gesamtbetrieblichen Ebene die betrieblichen Ziele auch am Einzelbestand umzusetzen. HÜSING (1995: *S. 89*) stellt fest: *„Die Stichprobe dient vor allem der Nachhaltskontrolle sowie der Gesamtplanung und fördert weniger die heute meist übliche Einzelplanung.“* Als Ergänzung zu Betriebsinventuren, die für den Gesamtbetrieb oder größere Befund- und Behandlungseinheiten objektive Zustandsdaten liefern, wird bei deren Weiterentwicklung eine zusätzliche einzelbestandsweise Komponente diskutiert.

Um flächenbezogene Daten abzuleiten, werden verschiedene konzeptionelle Erweiterungen zur klassischen Kontrollstichprobe diskutiert. Eine messende bestandesweise Zusatzinventur

[107] Vgl. PRETZSCH et al. (2000: *S. 311*).
[108] Taxation.
[109] Diesen Überlegungen wird in der Praxis häufig nicht gefolgt. Der tatsächliche Stichprobenumfang unterschreitet die theoretisch wünschenswerte Anzahl.

ist ökonomisch wenig sinnvoll und würde den durch die Stichprobeninventuren erzielbaren Rationalisierungseffekt aufheben. Alternativ werden einfache Bestandesbegänge vorgeschlagen, in deren Rahmen eine Bestandesbeschreibung erfolgt und ein Planungsvorschlag formuliert wird. BÖCKMANN et al. (1998a, b) stellen fest, dass die erforderlichen Zustandsdaten nicht allein durch Betriebsinventuren bereitgestellt werden können und durch Bestandesaufnahmen ergänzt werden müssen. Diese kann in Form einer vereinfachten Bestandesansprache für alle Bestände vorgenommen werden, wobei zusätzlich die Zuordnung zu einer Befundeinheit vermerkt wird (PERPEET, 1998). Auch BIERMAYER (1998) möchte nicht auf einen Bestandesbegang verzichten, der allerdings extensiver ausfällt und nicht für alle Altersklassen notwendig ist und sich an eine vorläufige Auswertung der Stichprobenerhebung anschließen sollte.

Verschiedentlich wird darauf verwiesen, dass zukünftig nicht alle Planansätze auf der Ebene der Befundeinheit[110] ansetzen, sondern weiterhin eine Reihe von Planaussagen auf der Ebene des einzelnen Bestandes notwendig und gewollt sind[111] (BIERMAYER, 1995; v. TEUFFEL, 1996; BITTER, 1998a; PERPEET, 1998). Als Planungshilfe können die nach Bestandestypen ausgewerteten Inventurergebnisse hinzugezogen werden. Damit lassen sich Durchschnittswerte und Ergebnisse summarischer Planungen aus den Befundeinheiten einzelbestandsweise anpassen. Aufbauend auf den Zustandsergebnissen wird die Betriebsinventur auch zur Basis einer bestandesweisen Planung. Die unterschiedlichen Zustandsparameter geben wichtige Hinweise und sind eine verlässliche Orientierungshilfe für die summarischen Planungen in den ausgewiesenen Behandlungseinheiten, die bei der Festsetzung des Hiebssatzes eine immer stärkere Bedeutung gewinnen (RISSE, 1998). Zu diesem Zweck wird die Inventurdatenbank mit Planungsinstrumenten gekoppelt, dazu gehören u. a. Verfahren zur summarischen Einschlagsplanung und Simulationsmodule (v. d. GOLTZ, 1998). Der Einsatz von Luftbildern zur Bestandesdelinierung ist für die Entwicklung kosteneffektiver Verfahrenskombinationen zweckmäßig (CARSTENS et al., 1997; FISCHER et al., 2000).[112]

Die Hauptaufgabe im Rahmen eines Bestandesbeganges ist die Feststellung und Quantifizierung der Abweichungen eines Einzelbestandes von den Durchschnittsergebnissen für die korrespondierende Befundeinheit, insbesondere hinsichtlich der Nutzungsansätze in der Durchforstungsphase bzw. der Verjüngungssituation in der Altersphase. Im Rahmen der Einzelplanung sollte eine operationale verbale Zielvereinbarung getroffen werden, gegebenen-

[110] Zur Definition siehe S. 42.
[111] Hierzu gehören z. B. fast alle Angaben außerhalb der Holzernte, wie die Verjüngungsplanung, Ästungsplanungen und Angaben zur Zäunung. SCHREYER (1995) ist hingegen bei der Verjüngungsplanung nicht der Auffassung, dass diese unbedingt bestandesweise hergeleitet werden müsse.
[112] Zum Stand der Entwicklung moderner Bildauswertung und -interpretation sowie der Forschung auf dem Gebiet der automatischen Objekt- und Mustererkennung vgl. KÄTSCH, 2001.

falls können die Durchforstungsansätze aus der summarischen Planung angepasst werden. Eine eigenständige nummerische Einzelplanung kann auf die Fälle beschränkt bleiben, in denen keine hinreichenden Referenzgrößen aus summarischen Planungen vorliegen oder diese eine Übertragbarkeit auf die konkreten Bestandesverhältnisse nicht zulassen.

Inwieweit für Einzelbestände tatsächlich Planungsvorschläge und Nutzungssätze festgesetzt werden, ist strittig. MOOG (1995)[113] fordert einen vollständigen Verzicht einer Einzelmaßnahmenplanung im Rahmen der Forsteinrichtung. HEUKAMP (1998) betont ebenfalls, dass bestandesweise Planungen nicht mehr stattfinden und lediglich die Verjüngung quantitativ und qualitativ erfasst werden sollte.[114]

In seinem Beitrag *„Unterschiedliche Planungsintensitäten in der Forsteinrichtung als Mittel naturnaher und wirtschaftlicher Betriebssteuerung"* spricht sich OTTO (1995a: *S. 16ff.*) für eine *„dreistufige Planungsintensität"*[115] aus, mit der die Frage beantwortet werden soll, *„ob eine bestimmte waldbauliche Maßnahme an einem bestimmten Ort zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt zu erfolgen hat, oder ob sie gegebenenfalls verlagert, nur teilweise ausgeführt oder zeitlich verschoben werden kann."*

Die Vorteile unterschiedlicher Planungsintensität liegen zunächst in einer Verringerung des Planungsaufwandes und führen zu einer *„größeren Flexibilität der Marktanpassung"* sowie einer *„innerbetrieblichen Dispositionsfreiheit."* Erweiterte betriebliche Handlungsspielräume für die Betriebsleitung bei gleichzeitiger Zielvereinbarung sind wichtige Grundsätze, die auch Eingang in neuere zielorientierte Steuerungsmodelle gefunden haben (ABEL, 1995; ABEL u. TEMME, 1996; BRÜGGEMEIER, 1998; HÄRTEL, 1997; BITTER, 1998a).

WEIMANN (1991) weist darauf hin, dass Rasterstichproben zuverlässige Mengendaten liefern, bei der Erfassung von (kleinstandörtlichen) Strukturdaten aber weniger geeignet sind und fordert zur Umsetzung *„kleinflächig wechselnder Zielsetzungen ein Primat der Einzelplanung"* (WEIMANN, 1995: *S. 37*). Insgesamt besteht über eine Gewichtsverschiebung von einer quantitativ-nummerischen zu einer qualitativ-verbalen Inventur und Planung auf Einzelbestands-

[113] Zitiert in SCHREYER (1995: *S. 13*).

[114] Vgl. HUSS (1987: *S. 127*) zur Notwendigkeit der bestandesweisen gegenüber der betriebsbezogenen Planung bei der Mischwaldwirtschaft.

[115] Als einzelne Intensitätsstufen werden 1. *„Muss"*, 2. *„Soll"* und 3. *„Kann"* ausgeschieden. Außerdem kann auf einer Reihe von Flächen eine Planung völlig entfallen. *„Die höchste Planungsintensität macht die Maßnahme im Planungszeitraum also absolut erforderlich. Die mittlere Planungsintensität besagt, dass die Maßnahme erfolgen soll, wenn hiermit in besonderem Maße der Wald verbessert wird, auch wenn bei Unterlassung kein höheres Risiko entstehen würde. Als Kann-Maßnahme sind Planungen anzusehen, die nicht unbedingt im Planungszeitraum erfolgen müssen."* (OTTO, 1995a: *S. 26f.*). Die von OTTO (1995a) formulierte Planungsintensität kann daher als Behandlungsintensität verstanden werden.

ebene weitgehend Konsens. Eine geeignete Verfahrenskombination zur Verknüpfung von Betriebsinventuren und flächenbezogenen Aussagen für Bestände ist die typenorientierte Kontrollstichprobe nach BITTER u. MERREM (1996, 1998a).[116]

3.4.1.2 Stratifizierung und Befundeinheiten

Bei der Durchführung stichprobenbasierter Betriebsinventuren ist für die Auswertung nach Befundeinheiten eine sinnvolle Stratifizierung zur Aufgliederung des Inventurgebietes vorzunehmen. Zur Bildung aussagekräftiger Straten sollten nicht nur Alter oder Baumart, sondern auch waldbauliche Überlegungen mit einbezogen werden (v. TEUFFEL, 1996). Das Bestreben, die Inventurergebnisse anschließend in möglichst operationale waldbauliche Planungen umsetzen zu können, hat in Baden-Württemberg zur Formulierung von Waldentwicklungstypen[117] (WET) geführt, die bei ähnlicher oder gleicher Ausgangssituation und Zielsetzung eine identische waldbauliche Behandlung erfahren (PALMER, 1996). Die Definition des WET lautet (MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG , 1999: *S. 1*):

*„**Waldentwicklungstypen** (WET) umfassen Waldbestände mit vergleichbarem waldbaulichen Ausgangszustand und vergleichbarer Zielsetzung. Sie beschreiben die zweckmäßigsten Verfahren und Techniken zur Erreichung dieser Zielsetzung unter Beachtung der Funktionenvielfalt des Waldes."*

Der Waldentwicklungstyp ist inzwischen eine wichtige Auswertungsebene für Stichprobeninventuren und löst den Betriebszieltyp[118] als zentrales Planungsinstrument zunehmend ab (PALMER, 1996; v. TEUFFEL, 1997; v. d. GOLTZ, 1998). HANEWINKEL (1998) stellt fest, dass Waldentwicklungstypen als Befundeinheiten zwischen der Ebene des Gesamtbetriebes und dem Einzelbestand für Stichprobeninventuren weitgehend anerkannt sind.

Wichtige Hinweise für die betriebliche Ausscheidung von WET liefern die im Rahmen der Standortskartierung erarbeiteten regionalen Waldgesellschaften sowie die feiner differenzierten Standortsgesellschaften. Nach Mitteilung PALMERS (1996) reichen 5 bis 6 Typen völlig aus, um zwischen 90 % und 95 % der Betriebsfläche abzudecken. Vom MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1999) wird als Typisierungsgrad eine gewünschte Flächenbelegung von 80 % bis 90 % mitgeteilt. Eine vollständige Abdeckung aller anzutreffenden waldbaulichen Verhältnisse wird bewusst nicht angestrebt. Der nicht mit einem WET abgedeckte Flächenanteil ist gesondert zu bearbeiten. Als Datengrundlage dazu

---

[116] Vgl. Abschnitt 4.3, S. 62.

[117] PERPEET (2000) bezeichnet OTTO (1995b) und PALMER (1996) als geistige Väter des Begriffes und verweist darauf, dass AICHINGER (1954) den Begriff erstmalig in pflanzensoziologischem Sinn verwendet hat.

[118] Betriebszieltypen beschreiben das Produktionsziel im Erntealter eines Bestandes und unterstellen bei künstlicher oder natürlicher Verjüngung eine flächige Abnutzung des Altbestandes.

können Informationen aus unterschiedlichen Quellen[119] genutzt werden (LANDESFORSTVERWALTUNG NRW, 1997). So lassen sich bereits aus den Ergebnissen der Waldbiotopkartierungen wichtige Informationen für die nicht durch die Typisierung erfassten Flächenanteile entnehmen und sinnvoll für Maßnahmenplanungen im Rahmen der Forsteinrichtung verwerten (HANSTEIN, 1992; MOSANDL, 1993; EBERWEIN, 1996).

Die einzelnen Waldentwicklungstypen werden zur waldbautechnischen Differenzierung in Behandlungstypen[120] unterteilt. Die variable Gruppierung und die damit einhergehende flexible Bildung von Befund- bzw. Auswerteeinheiten erlaubt eine zielgerichtete und betriebsangepasste Auswertung für Waldentwicklungs- oder Behandlungstypen. Innerhalb der Ergebnispräsentation können für beide Ebenen eine Vielzahl relevanter Auswerteparameter bereitgestellt werden. Um für einzelne WET und die ihnen hierarchisch untergeordneten Behandlungstypen eine statistisch gesicherte Aussage zu machen, sollte eine Mindestfläche nicht unterschritten werden. Als Mindestfläche werden 300 ha bis 500 ha genannt.[121] Bei einer unterstellten Stichprobenrepräsentanz von 2 ha und der Ausweisung von 3 Behandlungstypen[122] sind Belegungen von etwa 50 bis 80 Stichprobenpunkten je Substratum gefordert.

Die ausgeschiedenen Typen bilden die Basis für die anschließende Planung von Bewirtschaftungsmaßnahmen durch die Forsteinrichtung und stellen als Bindeglied zwischen der Planungsebene Betrieb und Einzelbestand eine wichtige Handlungsebene zur Ziel- und Strategieformulierung dar. Entsprechend weist DENSBORN (1999a: *S. 50*) als Simulationseinheiten für langfristig angelegte Simulationsstudien Waldentwicklungstypen aus, um die *„zukünftige natürliche Entwicklungsdynamik“* hinreichend berücksichtigen zu können.[123] Liegen die Ergebnisse einer Betriebsinventur vor, können summarische Nutzungsplanungen auf der Ebene von Waldentwicklungstypen und Behandlungseinheiten die waldbauliche Einzelplanung für den gesamten Betrieb oder für einzelne Waldentwicklungstypen oder einzelne Behandlungstypen eines Waldentwicklungstyps ersetzen bzw. erheblich vereinfachen und somit Kosten einsparen. Dazu werden die Ergebnisse der modellspezifischen summarischen Planungen für eine nachgelagerte bestandesweise Planung an konkrete Bestandessituationen angepasst (KEMMNER u. RISSE, 1994).[124]

---

[119] Prinzip der Multiquelleninventur und Multiquellennutzung (LANDESFORSTVERWALTUNG NRW, 1997: *S. 7*).
[120] Beispielsweise Buchen-Zieldurchmessernutzung oder Fichten-Jungbestandspflege.
[121] Vgl. PALMER (1996: *S. 22*).
[122] Das Baden-Württemberger System unterscheidet Jungbestandspflege, Durchforstung und Hauptnutzung, wobei die Hauptnutzung in Vorratspflege und Verjüngung unterteilt wird (MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 1999).
[123] Ein ähnliches Vorgehen findet sich auch bei HANEWINKEL (1998).
[124] Vgl. BITTER (2002).

Als mögliche planerische Zielgrößen für einzelne WET werden von PALMER (1996) Zielvorräte, Zielgrundflächen, künftige Baumartenzusammensetzungen, Stärkeklassenverteilungen, Verjüngungsvorräte sowie Struktur und Stabilitätsziele genannt. Der Abgleich mit dem erhobenen Ist-Zustand bietet über die summarische Nutzungsplanung die Möglichkeit zur Hiebssatzermittlung. Die Schwierigkeit liegt allerdings in der Formulierung entsprechender Zielzustände. Dabei können ökonomische Untersuchungen wertvolle Hinweise auf einen möglichen Zielvorrat geben. Nach dem Verständnis der ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1997: *S. 92*) orientiert sich der Zielvorrat am Optimalvorrat:

*„Der **Optimalvorrat** ist derjenige Holzvorrat, der das Ertragsvermögen eines Standortes hinsichtlich Schutzwirkung, Vitalität, Stabilität und Wertleistung bestmöglich zu nutzen in der Lage ist (Richtgröße).“*

Gegenstand ökonomischer Untersuchungen kann insbesondere die Verjüngungsphase mit einer differenzierten Betrachtung des Generationenwechsels sein. Dabei sind Hiebsart in der Altersphase des Oberstandes, Hiebsfortschritt[125] sowie Verjüngungsverfahren wichtige Untersuchungsgrößen.

Für die Darstellung eines Alternativkonzeptes zur Ausscheidung einer mittleren Planungsebene, das sich weniger an einer Klassifikation nach Waldentwicklungstypen[126] orientiert und stattdessen einen Bestandestyp bzw. eine Bestandestypengruppe als Befundeinheit ausscheidet, sei auf EGIDI (1996) verwiesen.[127] Entsprechend der Definition KRAMERs (1985) werden als Befundeinheiten gleichartige Bestandestypen[128] mit vergleichbaren Entwicklungsstufen[129] definiert, ohne allerdings ein zukünftiges Entwicklungsleitbild und damit die Entwicklungsdynamik der Bestände mit einzubeziehen. Problematisch bei der Ausscheidung von Befundeinheiten ist die Abgrenzung einzelner Bestandestypen gegeneinander. Die Zusammenfassung von Mischungen und Strukturausprägungen muss anhand operationaler Kriterien und Schwellenwerte unterstützt werden (EGIDI, 1996).

HANEWINKEL (1998) zeigt analog die Zusammenfassung von Bestandestypen zu Bestandestypengruppen und abschließend die Zuordnung zu Waldentwicklungstypen. Dazu werden beispielsweise der Bestandestyp Fi-Ta mit dem Bestandestyp Fi-Ta-Bu gemeinsam dem Waldentwicklungstyp der Fichten-dominierten Fi-Ta-(Bu)-Bestände zugeordnet. Zum WET der Tannen-dominierten Ta-Fi-(Bu)-Bestände wurden die Bestandestypen Ta, Ta-Fi, Ta-Bu

---

[125] Beschreibung üblicherweise durch eine Verjüngungs- oder Nutzungsgangzahl.
[126] Zur Definition s. a. S. 50.
[127] Zur Stratifizierung durch die Forsteinrichtung in Rheinland-Pfalz s. a. DENSBORN (1999a: *S. 48f.*).
[128] KRAMER (1985: *S. 16*) definiert den Bestandestyp als: *„Bestände mit gleichen oder ähnlichen Bestockungs- und Wuchsverhältnissen bei gleichartiger waldbaulicher Behandlung.“*
[129] Als Entwicklungsstufen werden *„Etablierung“*, *„Differenzierung“*, *„Dimensionierung“* (unterteilt in zwei Untergruppen), *„Reife“* und *„Generationenwechsel“* genannt (EGIDI, 1996: *S. 71*).

und Ta-Fi-Bu zusammengefasst. Aus der Definition der Bestandestypen lassen sich Hinweise auf die von EGIDI (1996) gewünschten Schwellenwerte gewinnen. Durch eine großzügige Zusammenfassung sind die einem WET zugeordneten Stichprobenpunkte jedoch heterogen hinsichtlich der Baumartenanteile. Für den von Tannen dominierten WET sind bei Annahme von 10 %igen Mischungsstufen und der Beachtung der Kriterien zur Bestandestypenabgrenzung[130] mindestens 11 verschiedene Mischungskombinationen denkbar.

3.4.2 Simulationsbasierte Unterstützung von Planungsaufgaben im Forstbetrieb

Für die langfristig wirkenden Produktionsabläufe in der Forstwirtschaft erscheinen Simulationsverfahren besonders geeignet.[131] Simulationsgestützte Planungsmodelle haben daher in der forstwissenschaftlichen Forschung in Mitteleuropa seit längerem einen festen Platz. Im Gegensatz dazu werden im skandinavischen und nordamerikanischen Raum vermehrt Optimierungsansätze verwendet. Die beträchtliche Verbesserung des naturalen Informationsangebotes auf betrieblicher Ebene durch Entwicklung und Einsatz innovativer Inventurverfahren begünstigt zusätzlich einen vermehrten Einsatz von Simulationsverfahren als betriebliche Planungsinstrumente. Eine fundierte naturale Ausgangsbasis lässt plausible Simulationsergebnisse und eine erhöhte Akzeptanz in der Praxis erwarten.

Betriebssimulationen werden nach BITTER (1990) überwiegend für die Entscheidungsfindung im Rahmen der strategischen Produktionsplanung am Beispiel idealtypischer Modellbetriebe eingesetzt. Selbst wenn die Aussagekraft der Modellstudien an sich nicht eingeschränkt sind, ist der Ergebnistransfer für einen konkreten Einzelbetrieb unter Umständen schwierig.

3.4.2.1 Simulationsmethoden in der forstbetrieblichen Anwendung

Die Simulationstechnik, die für die langfristigen Produktionsabläufe in der Forstwirtschaft besonders geeignet erscheint, wird in verschiedenen Modellprojekten als wichtiger methodischer Ansatz zur Erstellung EDV-gestützter Planungsmodelle verwendet. Diese Planungsmodelle werden hauptsächlich als Ergänzung zu den klassischen Verfahren einer gesamtbetrieblichen Planung eingesetzt, die überwiegend auf dem Normalwaldmodell fußen. In den zurückliegenden 25 Jahren haben Simulationsstudien, unterstützt durch die rasante Entwicklung im Bereich der EDV, stetig an Bedeutung gewonnen.

Die Einsatzmöglichkeit der Simulation im Bereich der forstlichen Planung wird bereits von SPIECKER (1974) durch eine Studie über *„Die Simulation als Entscheidungshilfe in der Forst-*

---

[130] Vgl. HANEWINKEL (1998: *A-13).*

[131] Zur fachübergreifenden Einführung in die Simulationstechnik vgl. Abschnitt 2.3.3.1.1, S. 24.

lichen Planung" präzisiert. Zur methodischen Einbindung der Simulation in die betrieblichen Planungs- und Entscheidungsabläufe schreibt SPIECKER (1974: *S. 23f.*):
„Im Bereich der Planung dient die Simulation zur Beschreibung der zeitlichen Abfolge von Handlungen und ihren Konsequenzen unter den jeweils vorgegebenen Handlungsbedingungen. Dadurch wird es möglich, die Handlungsmöglichkeiten des Betriebes bewusst klarzustellen. Außerdem ermöglicht die Simulation die Gegenüberstellung verschiedener Handlungsalternativen, in der die Konsequenzen der einzelnen Alternativen miteinander verglichen werden können."

Die Simulation wird als betont experimenteller Methodenansatz den heuristischen Verfahren der Entscheidungsfindung zugeordnet (ROEDER, 1979). Als *„Hilfsmittel und Methode der Entscheidungsvorbereitung im Rahmen der Forsteinrichtung"* ist die Simulation dabei *„auf ein naturales und/oder ökonomisches Modell des Forstbetriebes zu beziehen"* SEKOT (1991: *S. 308ff.*).

KYNAST (1977) erstellt mit dem Planungsinstrument der Simulation eine Modellanalyse für die langfristige Nutzungsplanung bei verschiedenen Einschlagsstrategien für die Baumart Fichte. Anhand gezielter Interaktionen des Entscheidenden wird die Bestimmung einer optimalen Lösung erwartet. HOGANSON u. ROSE (1984) entwickelten mit dem heuristischen Simulationsverfahren einen Ansatz, mit dem versucht wird, die Vorteile von linearer Programmierung und Simulation zu verbinden. Die Methode bietet die Möglichkeit *„Einzelbestandsplanung mit betriebsweiter strategischer Planung zu verbinden"* (ROSE, 1990: *S. 88*).

Am Beispiel des Forstbetriebs-Simulators *FOBSI* zeigt JÖBSTL (1978, 1987) die Möglichkeiten zur *„Simulation langfristiger Betriebsentwicklungen als Grundlage für Nachhaltsregelung und Mittelfristplanung"* (JÖBSTL, 1984: *S. 349ff.*). Dieses Forstbetriebs(klassen)simulationsmodell wird ergänzt um das Programm *FOWISIM* zur Einzelbestands-, Normal- und Zielbetriebsklassenkalkulation (JÖBSTL, 1997). Dessen Kalkulationsergebnisse werden über eine gemeinsame Schnittstelle an das Programm *FOBSI* übergeben. Mit diesem Programm werden die idealtypischen Normalwaldannahmen erweitert. Dadurch lassen sich für Übergangssituationen, wie diese sich beispielsweise bei Änderungen der planmäßigen durchschnittlichen Produktionsdauer ergeben, dynamische Entwicklungsprognosen erstellen (JÖBSTL, 1997).[132]

Unter dem Eindruck neuartiger Waldschäden führt MÖHRING (1986) dynamische Betriebsklassensimulationen durch. Deren Ergebnisse liefern wichtige Hinweise für die Waldscha-

[132] Zum Thema: *„Nachhaltigkeit im Planungsmodell"* s. a. JÖBSTL (1992, 1995).

densbewertung und unterstützen die Entscheidungsfindung bei Produktionsstörungen durch immissionsbedingte Zuwachsreduktion und vorzeitige Nutzung.

Im Rahmen theoretischer Überlegungen zur Simulation eines Forstbetriebes entwickelt KREYSA (1987) das Forstbetriebsmodell *FOBKR* als Beitrag zur strategischen Planung unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen wirtschaftlichen und ökologischen Ausgangslage. Nach Umsetzung des verbal beschriebenen Gedankenmodells in ein prototypisches Simulationsmodell[133] können ausgewählte waldbauliche Maßnahmen simuliert und bewertet werden.

BITTER (1990) verknüpft Simulationsverfahren mit geographischen Informationssystemen, indem ein Simulationsmodul zur einzelbestandsweisen Fortschreibung in ein umfassendes flächenbezogenes Betriebsinformationssystem (*f-BIS*) integriert wird. Die Eignung der Simulation als Hilfsmittel der strategischen Planung wird u. a. am Beispiel eines windwurfgeschädigten Forstbetriebes demonstriert (BITTER, 1991). Durch verschiedene Simulationsstudien können unterschiedliche Folgestrategien analysiert und deren Auswirkungen auf die Einschlagshöhe, den Holzvorrat, die Holzerlöse und das Betriebsergebnis dargestellt werden. KATÓ (1992: *S. 770*) verwendet die Simulation, um ausgehend von *„konkreten Beständen und betrieblichen Verhältnissen (...) Abtriebs-, Bestandeserwartungs- und Schadenswerte"* für die Hauptbaumarten zu ermitteln.

Mit der Arbeit von LEMM (1991) wird ursprünglich ein Beitrag zur Erweiterung des lückenhaften Instrumentariums zur Bewertung neuartiger Waldschäden in der Schweiz erwartet.[134] Ein Schwerpunkt der Modellentwicklung liegt im Gegensatz zu den übrigen hier zitierten Untersuchungen im Bereich der Wachstumsmodellierung.[135] Kernstück des Gesamtmodells (Forstbetriebs-Simulationsmodell, *FBSM*) ist ein Bestandesmodell zur Simulation der Entwicklung einzelner Bestände. Ergänzend zu diesen theoretischen Grundlagen und den Ausführungen zur Funktionsweise des Modells erfolgt der Modelleinsatz für kurz-, mittel- und langfristige Planungen auf betrieblicher und überbetrieblicher Ebene (ERNI u. LEMM, 1991; LEMM u. ERNI, 1994).[136] Eine grundlegende Darstellung über die Einsatzmöglichkeiten dieses Simulationsmodells für vielfältige Planungs- und Managementaufgaben ist auch bei ERNI u. LEMM (1995) zu finden.

---

[133] Nach KREYSA (1987: *S. 104*) *„erwies sich die Entwicklung des Prototypmodells als eine erfolgreiche Anwendung (...), um die Grundideen über Struktur und Funktion des untersuchten Systems zu testen."* Einschränkend stellte KREYSA (1987: *S. 105*) allerdings fest, dass *„komplexe Simulationsmodelle, die große Mengen von Daten verwalten müssen"* aufgrund der gewählten Programmiersprache DYNAMO *„nicht, oder nur mit großen Problemen und vielen Kompromissen"* zu realisieren sind.

[134] Vgl. MÖHRING (1986).

[135] Entsprechend ordnet HANEWINKEL (1998: *S. 57*) das Forstbetriebsmodell von LEMM (1991) auch den neueren Wuchsmodellen zu.

[136] Vgl. LEMM u. ERNI (1991) zum Thema *„Simulationsmodell in der Forstwirtschaft"*.

Zur Untersuchung von Endnutzungsentscheidungen bei Änderungen des Endnutzungsalters in einer Normalwaldbetriebsklasse sowie zur Simulation zusätzlicher Vornutzungseingriffe in Altbeständen realisiert MÖHRING (1994) eine EDV-Lösung auf der Basis gebräuchlicher Modelle[137] für betriebswirtschaftliche Kalkulationen. Hervorzuheben ist, dass bei der Dokumentation der Simulationsergebnisse neben einer Vielzahl von naturalen Kennziffern mit der Berechnung von Wertzuwachsprozenten und internen Grenzzinssätzen wichtige investitionstheoretische Größen berücksichtigt werden, die für eine Gesamtbeurteilung von Nutzungsstrategien wichtige Hinweise erbringen.

Kennzeichnendes Merkmal für viele der zitierten Untersuchungen ist der Rückgriff auf bekannte und allgemein akzeptierte deduktive Teilmodelle.[138] Dieses ist bei der Ergebnisbewertung zu berücksichtigen und schränkt insofern eine Übertragung der Ergebnisse auf konkrete Betriebsverhältnisse ein (MÖHRING, 1994). Als monetäre Eingangsgrößen werden häufig durchschnittliche Kosten- und Erlöswerte herangezogen, die nur eine verkürzte Aussage erlauben und eine begrenzte Aussagefähigkeit für den einzelnen Forstbetrieb haben. Stützt sich die naturale Datengrundlage vorwiegend auf Ertragstafelwerte, können die naturalen Verhältnisse für den Einzelfall nur unzureichend abgebildet werden.[139] Zusätzlich fehlt durch eine Beschränkung auf Altersklassen der bei vielfältigen Bestandesstrukturen wichtige Bestandesbezug.

Die zunehmende Strukturvielfalt der Wälder mit einzelbaumweiser Nutzung begründet zusätzliche Entscheidungsprobleme sowohl auf Bestandes- als auch auf Betriebsebene, die mit den bisher zur Verfügung stehenden Planungsmodellen kaum gelöst werden können (WALDHERR, 1995; OBERGFÖLL, 1997). Weder das klassische Normalwaldmodell noch die bereits oben erwähnten dynamischen Betriebsklassenmodelle[140] erlauben unter diesen Umständen eine hinreichend differenzierte und betriebsbezogene Entwicklungsprognose.

Durch die Umorientierung von einer schlagweisen Wirtschaftsweise hin zu einer Einzelstammwirtschaft erlangt die Nutzungsplanung und Steuerung anhand von Zielstärken zunehmend an Bedeutung. In Untersuchungen zur optimalen Zielstärke (HOLM, 1974, 1979; REININGER, 1989; BACHMANN, 1987b, 1990; HANIEL u. KLEINSCHMIT, 1992; MOOG u. KARBERG, 1992; MÖHRING u. WIPPERMANN, 2002) wird darauf hingewiesen, dass die Herleitung

[137] Der kombinierte Einsatz von Ertragstafeln und Bestandessortentafeln sowie sortenspezifischer Holzerlöse und Holzerntetarife (MÖHRING, 1994: *S. 211*) erweitert bisherige Ansätze um ökonomische Grundlagen, deren kalkulatorische Berücksichtigung für forstökonomische Entscheidungsprobleme wesentlich sind.

[138] Z. B. Ertragstafeln.

[139] Durch eine Modifikation von Bonität und Bestockungsgrad ist eine gewisse Anpassungsmöglichkeit aber auch hier gegeben.

[140] Vgl. MÖHRING (1986).

von Zieldurchmessern nur betriebs- und standortsindividuell erfolgen sollte und eine fundierte Kenntnis der Zuwachsverhältnisse notwendig ist.

Bei der Interpretation entsprechender Modellberechnungen sollte nach MOOG (1990: *S. 1160*) beachtet werden, *„dass nicht im Modell berücksichtigte Restriktionen unterschiedlicher Art, denen die konkreten Forstbetriebe unterliegen, die betrieblichen Entscheidungen mitbestimmen. Deshalb wäre es verfehlt, aus solchen Überlegungen allgemein gültige Entscheidungsregeln abzuleiten.“*

In den Untersuchungen von HANEWINKEL (1998) und KNOKE (1998) wird der Gedanke einer betriebsindividuellen Differenzierung betriebswirtschaftlicher Modellstudien aufgegriffen. Mit der Entwicklung EDV-gestützter Wachstumsmodelle stehen seit einiger Zeit leistungsfähige Instrumente für ökonomisch ausgerichtete Betriebssimulationen zur Verfügung. Die Möglichkeit einer deutlich verbesserten Naturalprognose, als diese bisher durch den Einsatz von Ertragstafeln möglich erschien, und die Abbildung unterschiedlicher Verfahren der Bestandesbehandlung, haben den Einsatz dieser Einzelbaumwuchsmodelle im Rahmen ökonomischer Modellstudien gefördert.

HANEWINKEL (1998) und KNOKE (1998) setzen beispielsweise das Wuchsmodell *SILVA* zur Darstellung von Bewirtschaftungsstrategien für Plenterwälder[141] sowie zur Untersuchung von Überführungsverfahren ein.[142] BRÄUNIG u. DIETER (1999) kombinieren ein Simulationsprogramm zur Fortschreibung von Altersklassen- und Bestandesformenverteilung[143] ebenfalls mit dem Wachstumssimulator *SILVA*, um die ökonomische Bewertung des Waldumbaus unter Berücksichtigung von Kalamitätsrisiken in Mischbeständen zu untersuchen. Die Quantifizierung des Risikos erfolgt über die Kalkulation von Altersklassen-Endnutzungswahrscheinlichkeiten.[144] DENSBORN (1999a, b) nutzt das gleiche Programm für eine ökonomische Modellstudie, die die Auswirkungen des Waldumbaus am Beispiel einer Kiefernbetriebsklasse analysiert. MAI (1999) verwendet die Natural- und Finanzdaten aus *SILVA* als Eingangsgrößen für die Optimierung der Fichtenpflege. Untersuchungen, die betriebliche Inventurdaten aus Stichprobenerhebungen als Eingangsgrößen für die Naturalprognose verwenden und mittels betriebsindividuell kalibrierter Kalkulationsprogramme für die wichtigsten Bestandestypen unterschiedliche Pflegevarianten vergleichen, finden sich bei beispielsweise bei PRETZSCH et al. (1998) und ĎURSKÝ (1999).

---

[141] Vgl. REININGER (2000).
[142] S. a. Abschnitt 4.4.2.3, S. 86.
[143] In der Untersuchung werden maximal 6 Bestandesformen erfasst, in denen Bestände ähnlicher Mischungsverhältnisse und Aufbauform zusammengefasst werden.
[144] Vgl. DIETER (1997).

3.4.3 Spatial Decision-Support-Systems

Seit etwa 10 Jahren werden geographische Informationssysteme (GIS) für raumbezogene Aufgabenstellungen eingesetzt (SCHOLTEN u. STILLWELL, 1990; WORRALL, 1990; BONHAM-CARTER, 1994). In der Vergangenheit standen die Anwendungsschwerpunkte Informationsbereitstellung, räumliche Datenanalyse und Visualisierung im Vordergrund. Getrennt davon wurden Planungs-, Simulations- und Bewertungsaufgaben von entscheidungsunterstützenden Systemen übernommen. Über eine gemeinsame Schnittstelle wurden die Daten aus dem GIS an das DSS übergeben und dort weiterverarbeitet.

Eine engere Verknüpfung beider Systeme führt zur Entwicklung entscheidungsunterstützender geographischer Informationssysteme. Ein vollwertiges räumliches Entscheidungsunterstützungssystem (Spatial Decision-Support-System – SDSS) muss Simulations- und Bewertungsfunktionen beinhalten (COOKE, 1992; MANDEL, 1994; CROSSLAND et al., 1995) und komplexe Entscheidungsprozesse unterstützen können, die Problembereiche mit räumlichen Komponenten beinhalten (CZERANKA, 1996). Forstliche Anwendungsbeispiele dazu finden sich bei BITTER (1990), SPORS (1996), LÜTHY (1998), VACIK (1999) und KONITZER (2000).

4 Modellkonzept zur Lösung forstbetrieblicher Planungs- und Steuerungsaufgaben

Im 2. Kapitel wurden die terminologischen und theoretischen Grundlagen für die sich jetzt anschließende Modellkonzeption besprochen. Daran anschließend sind im 3. Kapitel einige forstbetriebliche Fragestellungen zum Themenkomplex Inventur und Planung erarbeitet worden. In diesem Kapitel wird auf dieser Basis ein Modellkonzept für ein Planungssystem entworfen, das im 5. Kapitel an ausgewählten Beispielen aus der forstbetrieblichen Planungspraxis getestet wird. Der Evaluierungsprozess des Modellkonzeptes sowie die Auswahl der Anwendungsbeispiele erfolgte unter Einbeziehung der Verantwortlichen im Untersuchungsbetrieb.[145] Methodische Grundlagen, die als funktionale Bestandteile des Modells notwendig sind und noch nicht in Kapitel 2 oder 3 eingeführt worden sind, werden im Zusammenhang mit den vorzustellenden Einzelmodellen ergänzt.

4.1 Modellzweck

Entsprechend der Zielsetzung[146] sollen mit Hilfe des Planungs- und Simulationsmodells (*PSM*) zwei zentrale Fragenkomplexe beantwortet werden:

- Welche alternativen naturalen Entwicklungslinien ergeben sich aus den unterschiedlichen Bewirtschaftungsstrategien bzw. welche naturalen Auswirkungen ergeben sich aus den vorgegebenen Bewirtschaftungsstrategien?
- Wie sind, ausgehend von naturalen und monetären Eingangsgrößen, betriebliche Strategien unter investitionstheoretischen Gesichtspunkten zu bewerten?

Zur Beantwortung der oben formulierten Einzelfragen werden im PSM verschiedene Teilmodelle und Verfahren kombiniert (Abb. 8):

- Ein Inventurmodell zur statistisch abgesicherten Erhebung der naturalen Ist-Situation.
- Ein naturales Prognosemodell zur Abschätzung der Waldentwicklung inklusive zugrunde liegender Produktionsmodelle.
- Ein Kalkulationsmodell zur individuellen Kosten- und Erlöskalkulation.
- Verfahren der Investitionsrechnung zur finanzmathematischen Beurteilung von Handlungsalternativen.[147]

[145] Zur Vorstellung des Untersuchungsbetriebes siehe Abschnitt 5.1, S. 117.
[146] Vgl. Abschnitt 1.2, S. 4.
[147] Umsetzung im Bewertungsmodul *Invest*, vgl. Abbildung 13, S. 115.

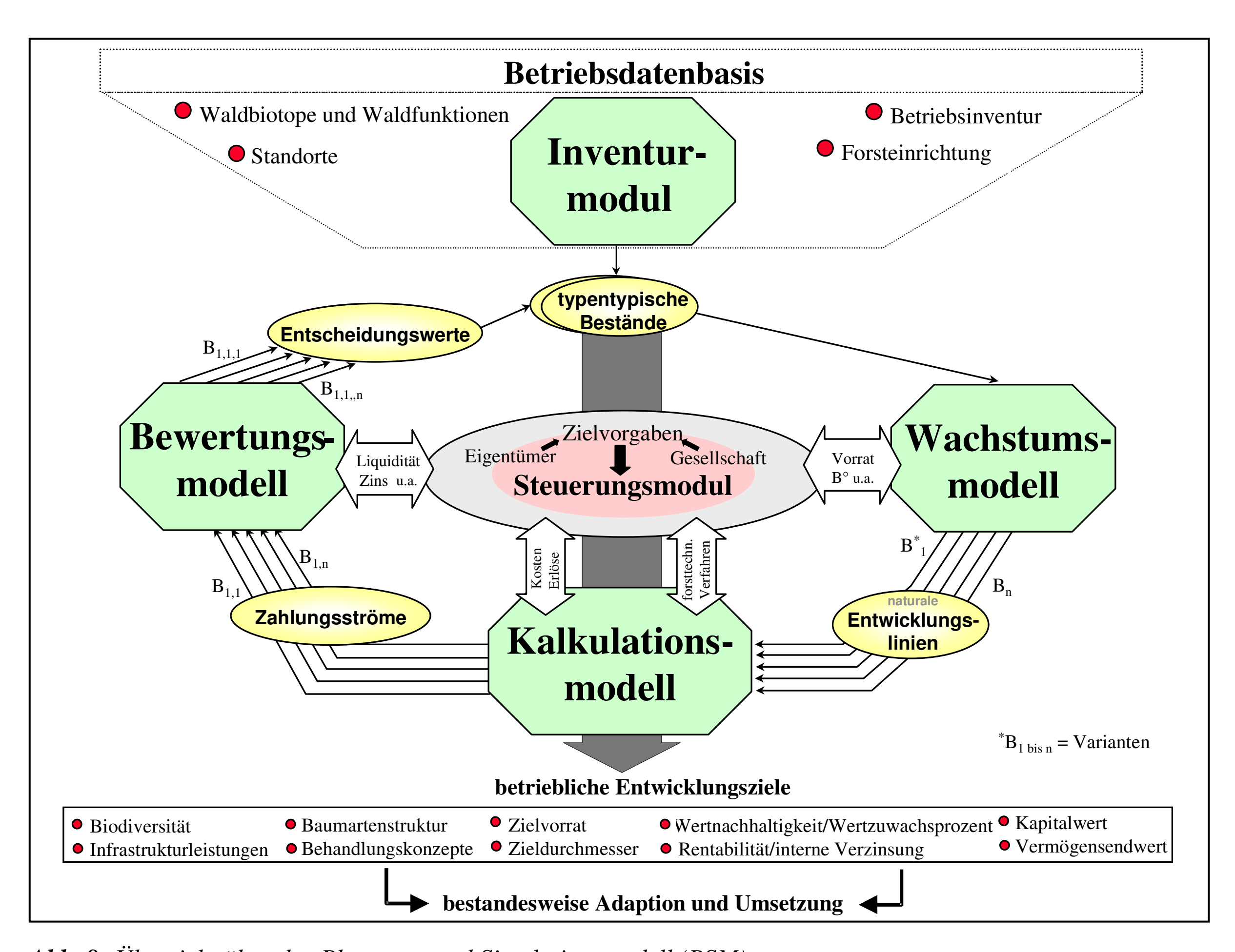


***Abb. 8**: Übersicht über das Planungs- und Simulationsmodell (PSM).*

4.1.1 Konzept eines betrieblichen Planungs- und Simulationsmodells

Festlegungen über betriebliche Produktionsstrategien, mittelfristige Nutzungsplanungen und deren operative Umsetzung in der Jahresplanung werfen zahlreiche Fragen auf, die hinsichtlich der Komplexität sowie der kurz-, mittel- und längerfristigen Auswirkungen auf alle Bereiche des Betriebsgeschehens von der forstlichen Betriebsleitung nur schwer abzuschätzen sind (BOYCE, 1985; JOHANSSON u. LÖFGREN, 1985; KLEMPERER, 1996). Die Beantwortung eines im Weiteren noch näher aufzuschlüsselnden betrieblich relevanten Fragenkataloges, der eine gewisse Allgemeingültigkeit beanspruchen kann, wird nur unter Verwendung realitätsgerechter Modelle und eines sich anschließenden Ergebnistransfers gelingen.

Voraussetzung für einen modellgestützten Lösungsansatz zur Erarbeitung betrieblicher Leitstrategien ist das Vorhandensein einer geeigneten betrieblichen Datenbasis.[148] Zur Abbildung der Realität werden verschiedene Modelle entworfen, die einen unterschiedlichen Komple-

[148] Ebenso sind auch die einzelbetrieblichen Zielvorstellungen hinreichend zu operationalisieren, um diese als Bewertungsgrundlage nutzen zu können und somit die informatorischen und steuerungsbezogenen Aufgaben der externen Betriebsplanung auf einer fundierten Basis erfüllen zu können.

xitätsgrad aufweisen können. Dabei sind der Modellierung kaum Grenzen gesetzt. Ein hoher Abstraktionsgrad der Modellierung kann allerdings zu Verständigungsproblemen mit der Praxis führen und die Transparenz und Akzeptanz der Modellergebnisse einschränken.

BITTER (1990) betont, dass bei einem als Entscheidungshilfe formulierten Modellzweck nicht höchste Realitätstreue das Ziel eines Entscheidungsmodells sein muss, es soll vielmehr eine effektive Unterstützung für ein Entscheidungsproblem leisten. Zu komplexe und damit unüberschaubare Modelle stehen diesem Anliegen entgegen. Wie jede betriebliche Tätigkeit, sollte auch die Modellierung dem ökonomischen Prinzip unterworfen werden. Bereits KYNAST (1977) hat darauf hingewiesen, dass Kosten und Nutzen, bzw. Aufwand und Ertrag einer Modellanalyse, in einem angemessenen Verhältnis stehen müssen.

Zusätzlich zur eigentlichen Modellbildung mit dem Ziel die Realität abzubilden, sind für den angestrebten Lösungsprozess geeignete Methoden, Verfahren und Instrumente auszuwählen, die innerhalb des Modellrahmens Verwendung finden können. Erst eine Kombination aus Datenbasis, geeigneter Modellstruktur und Methodenapparat führen zu einer Gesamtlösung, die einen möglichst effektiven Management Support gewährleisten kann.

4.2 Forstbetriebliche Informationssysteme

Um die Bedeutung der Information für die betriebliche Leistungserstellung hervorzuheben, wird häufig auch vom *„Produktionsfaktor Information"* gesprochen (SCHAEFER, 1986). Für die betrieblichen Steuerungsaufgaben ist die Informationsqualität von ausschlaggebender Bedeutung. Die Qualität der Information ist von der Genauigkeit, Vollständigkeit, vor allem von der Problemrelevanz und der rechtzeitigen Verfügbarkeit abhängig. Wie bereits in Abschnitt 2.2.2[149] dargestellt, wird die Informationsqualität im Forstbetrieb unterschiedlich beurteilt. Die zielgenaue Erfassung der naturalen Datenbasis steht immer wieder zur Diskussion.

Neben dem naturalen Ist-Zustand sind dynamische Größen – und hierbei insbesondere der Zuwachs – Zielgrößen, die die klassische Forsteinrichtung nur unzureichend erfasst. Planungsansätze werden üblicherweise unter Hinzunahme ertragstafelgestützter Zuwachsprognosen abgeleitet. Die Planungsqualität und der Informationsgehalt von Nutzungsansätzen ist spätestens beim Abgleich der Vollzugsergebnisse mit den Planvorgaben während der nächsten Forsteinrichtungsarbeiten festzustellen (KLEIN, 1991).

[149] Siehe hierzu S. 10.

Die technische Basis zur Lösung betrieblicher Informationsaufgaben stellt regelmäßig ein Datenbanksystem dar. Zum Aufbau eines solchen Systems werden gesamtbetriebliche Datenmodelle konzipiert und anschließend in ein Datenbanksystem implementiert. Die entscheidende Aufgabe ist, die Informations- und Wissensbasis für den Forstbetrieb so zu wählen und für das DSS[150] verfügbar zu machen, dass sich diese für die Entscheidungsfindung nutzen lässt und geeignetere Steuerungsinformationen als bei bisherigen Planungssystemen zur Verfügung stehen. Eine unternehmensweite Planung ist schwierig, deshalb konzentrieren sich planungsbasierte Systeme jeweils auf einzelne Unternehmensbereiche.

4.2.1 GIS-Anbindung

Für eine nutzbringende Verarbeitung der im Forstbetrieb vielfältig anfallenden flächenbezogenen Daten- und Informationsmengen ist der Einsatz leistungsstarker geographischer Informationssysteme zwingend. Vor allem durch zahlreiche Abfrageroutinen und die Möglichkeit zur thematisch ausgerichteten Visualisierung sind GIS als komfortable Analyseinstrumente einsetzbar. Durch die unmittelbar räumliche Einordnung können forstbetriebliche Zustands- und Entwicklungsgrößen sinnvoll in den Entscheidungsprozess einbezogen werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird allerdings nicht der in Abschnitt 3.4.3[151]vorgestellte Ansatz eines SDSS verfolgt. Stattdessen bleibt der Einsatz eines geographischen Informationssystems hier auf die Informations- und Analysefunktion beschränkt. Die Einordnung in die von HINRICHS (1994: *S. 33ff.*) entworfenen Intensitätsstufen der GIS-Anwendung kann zwischen *„GIS als Hilfsmittel der digitalen Kartographie“* und *„GIS als Instrument der Planung“* erfolgen. Über die Möglichkeiten einer Verbindung von GIS und Wuchsmodell bzw. den Ergebnissen von Waldwachstumsprognosen berichten POTT (1998) und SMALTSCHINSKI (1998).

4.3 Inventurmodell

Zur Beschreibung der naturalen Ausgangslage im Untersuchungsbetrieb werden die Ergebnisse einer Betriebsinventur aus dem Jahr 1998 nach dem Verfahrenskonzept der typenorientierten Kontrollstichprobe verwendet. Die Verfahrensgrundlagen werden bei BITTER u. MERREM (1996, 1998a) und BITTER (1998b) erläutert.

4.3.1 Typenkriterienansprache und variable Typenbildung

Die Auswertung von Stichprobeninventuren erfolgt gewöhnlich für den Gesamtbetrieb sowie für einzelne Befundeinheiten.[152] Ein Verfahren zur Datenschichtung ist die variable Typenbildung. Die Bildung variabel abgrenzbarer Typen als Verfahren zur Poststratifizierung von

[150] Zur Definition s. a. S. 22.
[151] Siehe hierzu S. 58.
[152] Zu Stratifizierungsfragen und der Ausweisung von Befundeinheiten vgl. Abschnitt 3.4.1.2, S. 50.

Stichprobenpunkten erlaubt eine flexible entscheidungsorientierte Zustandsanalyse und darauf aufbauend eine typenweise ausgerichtete Planungstätigkeit. Die Typisierung kann je nach Fragestellung durch eine Auswahl aus den angesprochenen Typenkriterien erfolgen. Im Rahmen der Typisierung kann die Menge der Stichprobenpunkte anhand der ausgewählten Typenkriterien durch unterschiedliche Verfahren gefiltert oder gruppiert werden. Nachfolgend werden in Abschnitt 4.3.1.1 und 4.3.1.2 zwei unterschiedliche Ansätze vorgestellt.

4.3.1.1 Freie Typenkataloge und Einzelabfragen

Ergebnis der Typenbildung können hierarchisch aufgebaute, vollständige Typenkataloge oder durch Einzelabfragen gewonnene Einzeltypen für spezielle Fragestellungen sein (BITTER u. MERREM, 1998a). Die sich ergebenden Auswerteeinheiten müssen allerdings so gewählt werden, dass sich statistisch abgesicherte Ergebnisse erzielen lassen. Bedingt durch die Anzahl erhobener Typenkriterien und der sich daraus ergebenden Auswertemöglichkeiten ist eine spezielle Datenbankapplikation erforderlich. Als Instrument zur Datenanalyse eignet sich beispielsweise ein einfacher SQL-Builder oder ein formularbasierter Auswahlfilter, mit dem der Anwender ein Merkmal oder mehrere Typenkriterien auswählt und zusätzlich über Grenz- und Schwellenwerte exakte Filterbedingungen setzen kann. Als Orientierung für Grenz- und Schwellenwerte dienen die Kategorien der einzelnen Typenkriterien, wie diese bei der Typenkriterienansprache verwendet werden.[153]

4.3.1.2 Systematische Typisierung mit Hilfe der Clusteranalyse

4.3.1.2.1 Clusteranalytische Grundlagen

Zusätzlich zu der gutachtlichen Bildung hierarchischer Typenauflistungen und der Möglichkeit einer benutzerdefinierten Datenbankabfrage können auch mathematisch-statistische Methoden zur Datensegmentierung Verwendung finden, um vollständige Typenkataloge aufzustellen.[154] Als Verfahren bieten sich dazu clusteranalytische Methoden an, um im Verfahrensablauf der typenorientierten Kontrollstichprobe eine gerichtete Gruppierung von Objekten anhand verschiedener Variablen aus der Typenkriterienansprache zu erreichen. Nach erfolgter Gruppierung haben die Bestandesansprachen eines Clusters schließlich ähnliche Merkmalsausprägungen und die zugeordneten Stichprobenpunkte können für weitere Verfahrensschritte gemeinsam ausgewertet werden.

---

[153] Vgl. Tabelle 8, S. 129.

[154] EGIDI (1996*: S. 71*) stellt dazu allerdings fest: *„Das Abgrenzen von Befundeinheiten kann nicht standardisiert werden. Ein erster Versuch Forsteinrichtungsdaten mit Hilfe eines eigenen Programms zu gruppieren, ist im Beispielsfall zunächst gescheitert."*

Clusteranalytische Auswertungsverfahren zählen ebenso wie die Regressions- und Diskriminanzanalyse zu den multivarianten Analysemethoden. Die beiden letztgenannten Verfahren gehören zu den dependenten Verfahren, bei denen sowohl abhängige als auch unabhängige Variablen existieren. Clusteranalyse und Faktorenanalyse werden den interdependenten Verfahren zugeordnet. Die Clusteranalyse ist ein algorithmisches Verfahren zur objektiven Klassifikation von *N* Objekten in *K* a priori nicht definierte Klassen. Die Objekte *N* sind durch eine Mehrzahl von unterschiedlichen Merkmalsausprägungen beschreibbar, wobei ähnliche Objekte in gleiche, unähnliche Objekte in verschiedene Klassen eingeteilt werden (FUENTES, 1994).[155] Die Bestandestypen aus verschiedenen Gruppen sollten dementsprechend eine möglichst unähnliche Merkmalsstruktur besitzen.

Die Clusteranalyseverfahren lassen sich in zwei verschiedene Kategorien einteilen, die hierarchischen und die partitionierenden Verfahren. Bei den hierarchischen Verfahren ergeben sich automatisch Partitionen mit verschiedener Klassenanzahl. Bei den partitionierenden Verfahren müssen verschiedene Durchläufe mit Variationen der Klassenzahl durchgeführt werden. Die Clusteranzahl wird jeweils zu Beginn der Berechnung festgelegt und nicht wie bei den hierarchischen Verfahren aus den Ergebnissen der Gruppenbildung geschlossen (BACHER, 1996).

Für die vorliegende Untersuchung wird das Verfahren der hierarchischen Clusteranalyse ausgewählt,[156] das nachfolgend ausführlicher vorgestellt wird. Bei den hierarchischen Verfahren bildet zu Beginn des Fusionsalgorithmus jedes Objekt ein eigenes Cluster, am Ende des Verfahrens sind alle Objekte in einem einzigen Cluster vereinigt. Um die Ähnlichkeit- bzw. die Unähnlichkeit zwischen den Objekten quantifizieren zu können, ist ein Ähnlichkeitsmaß bzw. ein Distanzmaß notwendig. In diesem Fall wird ein Distanzmaß nach der verallgemeinerten Minkowski-Metrik berechnet (Abb. 9, Nr. II). Die optimale Lösung bei Minimierung des Distanzmaßes liegt zwischen der denkbar feinsten und gröbsten Partitionierung und muss mit geeigneten Verfahren isoliert werden.

Prinzipiell erfolgt jede Klassenbildung nach folgendem Verfahrensablauf (Abb. 9):

1. Vorliegen von N Objekten in einem Zustandsraum, in dem jedes Objekt einen Punkt in diesem Raum bildet und von einem Vektor beschrieben werden kann. Der Zustandsraum wird sich häufig nicht auf die Ebene bzw. die dritte Dimension beschränken lassen, sondern n-dimensional sein. Clusterstrukturen lassen sich dann nur noch analytisch ableiten, wobei jede Komponente eines Vektors die Eigenschaft des Objektes als Zahlenwert beschreibt. Die einzelnen Zahlenwerte kön-

[155] Zitiert in BEER (1998: *S. 5*).
[156] Die Clusteranalyse erfolgt mit SPSS, Version 9 (vgl. BÜHL u. ZÖFEL, 2000).

nen unterschiedliche Skalenniveaus[157] aufweisen. Das Vorliegen gemischter Variablen muss bei der weiteren Verfahrenswahl berücksichtigt werden. Insbesondere bei Vorliegen von Variablen mit geringem Skalenniveau können die Auswertemöglichkeiten eingeschränkt sein.

2. Wahl eines geeigneten Distanz- bzw. Proximitätsmaßes. Aus diesem Distanzmaß lässt sich ein Fehlerwert ableiten, der minimiert werden soll. Um die Vergleichbarkeit einer gemischt-skalierten Variablenmenge zu erreichen, müssen die einzelnen Dimensionen zunächst auf einen einheitlichen Wertebereich transformiert werden.[158]
3. Als Verfahren zur Minimierung des Fehlerwertes ist ein geeigneter Fusionsalgorithmus auszuwählen.

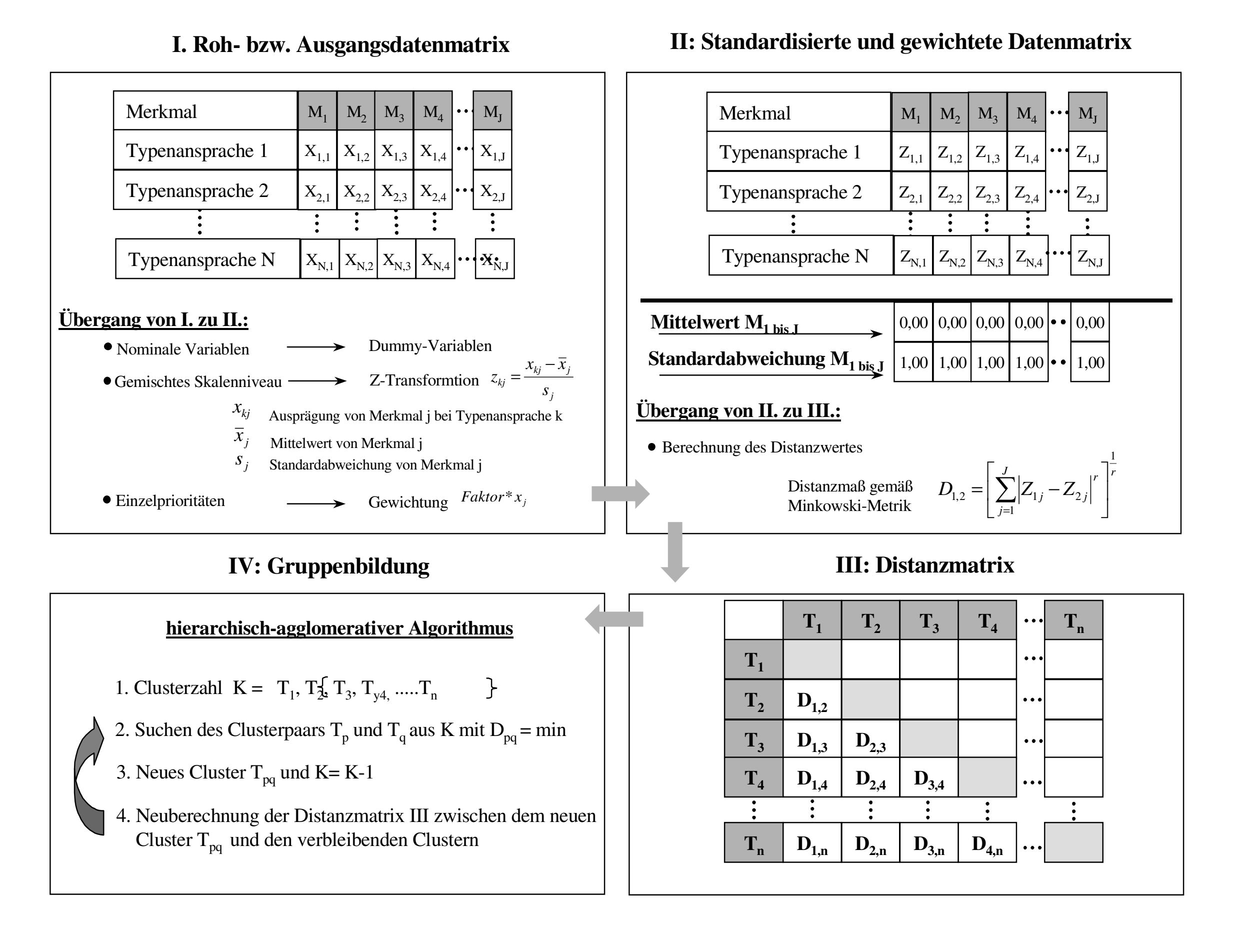


***Abb. 9**: Darstellung der Einzelschritte zur Datensegmentierung. I-III: Vorbereitung und Berechnung des Distanz- bzw. Proximitätsmaßes. IV: Gruppierung durch einen geeigneten Fusionsalgorithmus.*

Als Ergebnis der Klassenbildung liegen eine begrenzte Anzahl von Partitionen der Objektmenge vor. Ein gebräuchliches Maß für die Güte einer Partition ist die so genannte *„Streuungsquadratsumme,“*[159] die als quadratische Summe der Abstände aller Objekte einer

[157] Es werden üblicherweise nominal-, ordinal-, intervall- und verhältnisskalierte Variablen unterschieden. Bei den Variablen der Typenkriterienansprache handelt es sich überwiegend um nominal und ordinal skalierte Merkmale.

[158] Diese Standardisierung erfolgt mit Hilfe einer z-Transformation der Variablenwerte. Anschließend haben die z-standardisierten Variablen eine Standardabweichung von 1 und den Mittelwert 0.

[159] Die Bezeichnung *„Varianzkriterium“* ist ebenfalls gebräuchlich (BEER, 1998: *S. 1*).

Partition zum jeweiligen Clusterzentrum berechnet wird. Dabei ist das Zentrum im Normalfall der Mittelwert aller Objekte in der Klasse.

Neben der Clusterung von Objekten ist auch grundsätzlich die Gruppierung von Variablen[160] möglich. Für den vorgesehenen Einsatz der Clusteranalyse zur Gruppierung von Stichprobenpunkten auf der Grundlage eines bestandesbeschreibenden Typenkataloges werden im Weiteren nur Verfahren berücksichtigt, die zur Gruppenbildung von Objekten geeignet sind.

Die Überprüfung der Klassifikationsergebnisse ist ein wichtiger Verfahrensschritt bei clusteranalytischen Untersuchungen. Die qualitative Beurteilung einer Gruppierungslösung lässt sich abschließend nur dadurch erreichen, dass derselbe Datensatz mit mehreren Clusteralgorithmen analysiert und die verschiedenen Gruppierungsresultate vergleichend interpretiert werden (BORTZ, 1999). Die durch Anwendung der Clusteranalyse gebildeten Gruppen können auch mit Hilfe der Diskriminanzanalyse in einer nachgeschalteten Analyse weiterführend untersucht werden (BACKHAUS et al., 1996). Um zu prüfen, wie gut sich Cluster unterscheiden, ist es gelegentlich sinnvoll, die gefundene Lösung anhand externer Variablen zu validieren, die zuvor nicht in die Clusteranalyse einbezogen worden sind (BORTZ, 1999). Die Überprüfung kann gleichfalls über eine mehrfaktorielle, multivariate Varianzanalyse erfolgen (BORTZ, 1999).[161]

4.3.1.2.2 Forstliche Anwendungsbeispiele clusteranalytischer Verfahren

Im forstlichen Anwendungsbereich wird die Clusteranalyse u. a. von HEINIMANN (1986), RÖHLE (1995), BERGER (1997) und KOCH (1998) eingesetzt.[162] BERGER (1997) verwendet für einen typologischen Betriebsvergleich anhand von fünf ausgewählten Variablen zur Charakterisierung von Forstbetrieben als Proximitätsmaß die quadrierte euklidische Distanz und als Fusionsalgorithmus das Complete-Linkage-Verfahren.

KOCH (1998) führt im Rahmen einer forsttechnischen Verfahrensbeurteilung eine Klassifikation von Standorten mittels clusteranalytischer Verfahren durch. Dabei wird mit Hinweis darauf, dass Formen der Minkowski-Metriken bei der Gruppierung von Standorten eine besondere Rolle spielen, als Distanzmaß ebenfalls die quadrierte euklidische Distanz[163] verwendet. Die abschließend gewählte Klassifikationslösung wurde mit der Ward-Methode erstellt. Beide Autoren zeigen allerdings auch, dass ein geeigneter Fusionsalgorithmus selten analy-

[160] Ähnlich wie bei der Faktorenanalyse.
[161] Vgl. RÖHLE (1995: *S. 154*).
[162] Vgl. auch WAGNER (1999: *S. 46*); REIMEIER (2001: *S. 38*).
[163] Die quadrierte euklidische Distanz ist neben der City-Block-Metrik ein Verfahren aus der Gruppe der Minkowski-Metriken.

tisch abgeleitet werden kann, sondern eher iterativ ermittelt werden muss. Im Gegensatz zu diesen beiden Verfahren aus der Gruppe der hierarchischen Clusteranalyse verwendet RÖHLE (1995) zur Typisierung von Zuwachsverläufen das K-Means-Verfahren.[164] RÖHLE (1995: *S. 154*) merkt dazu an, dass *„die Festlegung einer falschen Gruppenanzahl entweder zur unerwünschten Unterdrückung der in den Daten enthaltenen Informationen (...) oder zu einer weitergehenden Aufsplitterung des Messkollektivs (...) und damit zu Missdeutungen (...) führt."*

4.3.1.2.3 Partitionierung von Typenkriterienansprachen durch Clusteranalysen

In der vorliegenden Untersuchung ist das Ziel der Gruppenbildung eine Trennung der heterogenen Gesamtanzahl an Typenkriterienansprachen in überwiegend vergleichbare Ansprache-einheiten zur Ableitung von homogenen Bestandestypen, die sich hinsichtlich waldbaulicher Behandlungsprogramme und forsttechnischer Verfahren von anderen Gruppen unterscheiden (Abb. 10).

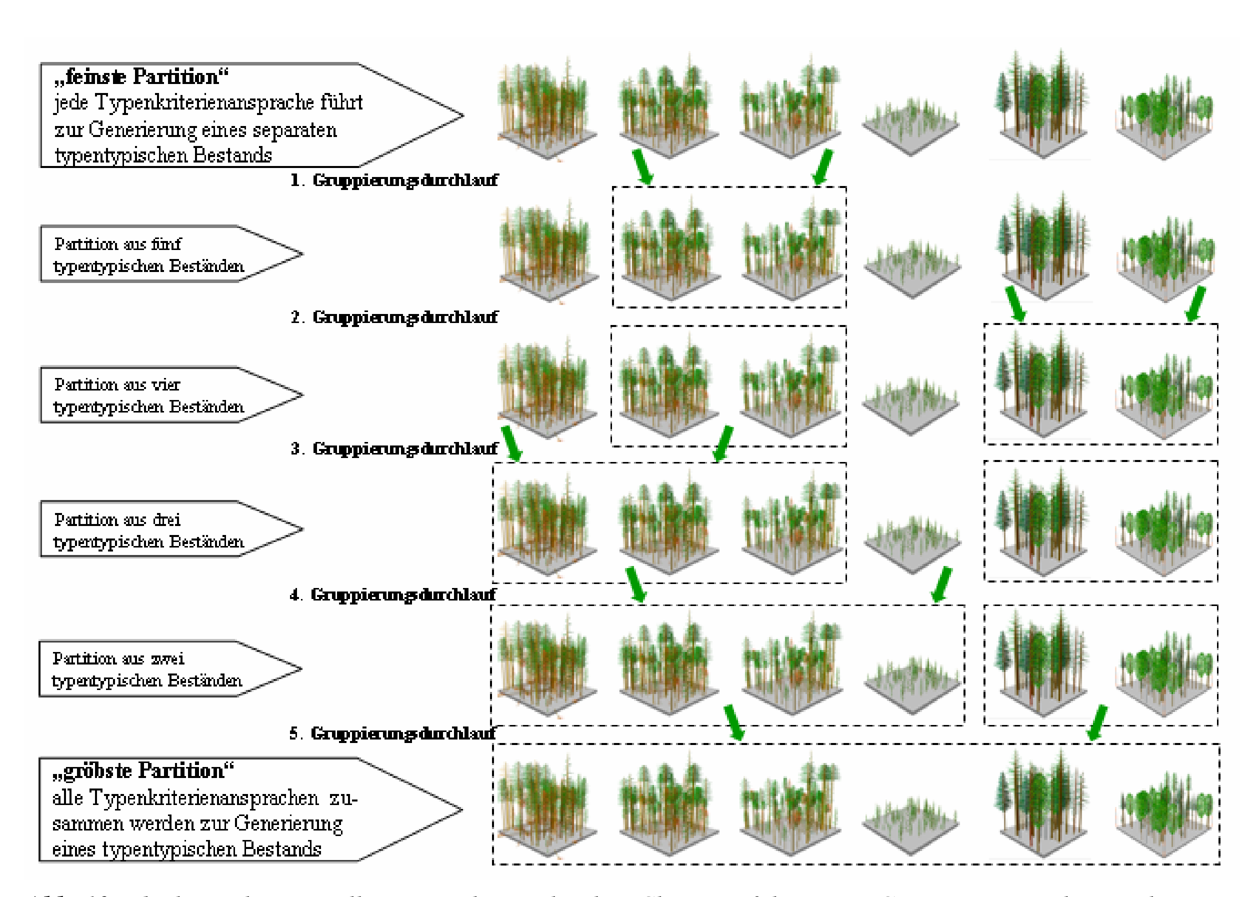


***Abb. 10**: Idealtypische Darstellung eines hierarchischen Clusterverfahrens zur Gruppierung nach Typenkriterien.*

[164] Die Clusterbildung erfolgt bei diesem Verfahren nach einem partitionierenden Algorithmus, vgl. Abschnitt 4.3.1.2.1, S. 63.

Für die Klassifikationsaufgabe stehen die Variablen der Typenkriterienansprache zur Verfügung (Tab. 2). Im Vorlauf zur Clusteranalyse sind Stichprobenpunkte ausgefiltert worden, indem die für die Typenkriterienansprache zur Verfügung stehenden Attribute eingegrenzt worden sind. Aus den ca. 70 Baumarten, die als Attribute zum Typenmerkmal *„Hauptbaumart“* potenziell zur Verfügung stehen, sind die Baumarten Fichte und Buche ausgewählt worden. Typenkriterienansprachen, bei denen eine andere Baumart als Hauptbaumart angesprochen worden ist, werden somit nicht berücksichtigt und ausgefiltert. Ähnliches gilt auch für das Typenmerkmal *„Wuchsklasse“*. Typenkriterienansprachen mit der Ausprägung *„Jungwuchs“* oder *„Dickung“* werden dementsprechend außer Acht gelassen.

Weiterhin werden Informationen aus der Typenkriterienansprache zusammengefasst, indem mehrere Klassen aus der Typenkriterienansprache für die Clusteranalyse einer Oberklasse zugeordnet werden. Das Hauptbaumartprozent wird ursprünglich in fünf Klassen angesprochen. Für die Clusteranalyse werden aber beispielsweise die Klassen 90 % bis 81 %, 80 % bis 71 % und 70 % bis 51 % in einer Oberklasse zusammengefasst, die entsprechend Hauptbaumartenprozente von 90 % bis 51 % aufweist. Das Gleiche erfolgt in ähnlicher Form für die Typenmerkmale *„Flächendeckung des Oberstandes“* und *„Flächendeckung der Verjüngung“*. Nach weiteren Umwandlungsschritten entstehen Datensätze mit der aus der Tabelle 3 zu entnehmenden Struktur, die anschließend für die clusteranalytische Trennung genutzt werden.

***Tab. 2**: Übersicht über die ausgewählten Typenkriterien für die Clusteranalyse, deren Merkmalsausprägungen sowie deren Relevanz für die Clusteranalyse.*

Typenmerkmal	**Attribute der Typenmerkmale**	**Für Clusteranalyse berücksichtigte Ausprägungen der Attribute**	**Hauptcluster**	**Subcluster**
Hauptbaumart	ca. 70 Baumarten (nach Baumartenliste)	Fi, Bu	x	
Hauptbaumart %	5 Klassen	0–50 %, 51–90 %, > 90 %	x	
Wuchsklasse	5 Klassen	Stangenholz, Baumholz, Altholz	x	
Mischbaumart	ca. 70 Baumarten (nach Baumartenliste)	Fi, Ta, Ki, Bu, Hlb		x
Flächendeckung Oberstand	3 Klassen	0–75 %, > 75 %		x
Verjüngungsbaumart	ca. 70 Baumarten (nach Baumartenliste)	Fi, Bu		x
Flächendeckung Verjüngung	6 Klassen	0–20 %, > 20 %		x

***Tab. 3**: Beispieldatensatz aus der Datenmatrix nach Dummy-Auflösung nominaler Typenkriterien (Hauptbaumart, Wuchsklasse, Misch-, Verjüngungs- und Unterstandsbaumart).*

Haupt-Ba		**Haupt-Ba %**	**Wuchs-klasse**			**Mischbaumart**					**Flächen-deckung Ost. %**	**Verj.-Ba**		**Flächen-deckung Verj. %**
1	0	2	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0	1

Klartext des Datensatzes: Fichten-sonst.Ndh.-Kiefernmischbestand (51 %–90 %) der Wuchsklasse „Altholz“, Flächendeckung des gesamten Oberstandes > 75 %, Fichtenverjüngung mit einer Flächendeckung < 20 % vorhanden.

4.3.1.3 Nutzung von Strukturindizes

Die Größen einer textlichen Bestandesbeschreibung sind überwiegend kategorischer Natur. Gleiches gilt für die Merkmale der Typenkriterienansprache. Die Verwendung kategorischer Variablen schränkt allerdings die Möglichkeit zur Fehlerabschätzung sowie die Vergleichsmöglichkeit über die Zeit hinweg ein und ist mit unerwünschten Interpretationsspielräumen verbunden.[165] Zur Beschreibung und Analyse der Bestandesstruktur gewinnen daher Strukturindizes zunehmend an Bedeutung (ALBERT, 1999; NAGEL, 1999b,) und sind als objektive Strukturwerte eine sinnvolle Ergänzung zur Typenkriterienansprache. Allerdings können Typenkriterienansprachen die im Zuge der Forsteinrichtung erfolgende Bestandesbeschreibung ersetzen. Strukturindizes – insbesondere die positionsabhängigen – können hingegen nur errechnet werden, wenn auch Einzelbaumpositionen bekannt sind.

Durch die Berechnung von Strukturindizes steht eine weitere Datendimension zur Beschreibung von Bestandes- bzw. Plotstrukturen zur Verfügung, die für Klassifikationsaufgaben und zur Gruppenbildung Verwendung finden kann. Verfahrensbedingt gilt für die Typenkriterienansprache sowohl die eigentliche Stichprobenfläche als auch der umgebende Bestand als Bezugsfläche. Strukturindizes können sich hingegen ebenso wie die dendrometrischen Plotkennwerte nur auf die eigentliche Stichprobenfläche beziehen. Bestandesstrukturen sind nach SPELLMANN (1995) [166] gekennzeichnet durch:

- Verteilungsmuster
- Bestandesdichte
- Bestandesdifferenzierung
- Artenvielfalt
- Durchmischung

Die Indizes zur quantitativen Strukturbeschreibung werden von NAGEL (1999b) unterteilt in abstandsunabhängige Parameter und Indizes, für deren Berechnung die einzelnen Baumposi-

[165] Vgl. FÜLDNER (1995: *S. 6* u. *S. 10*).
[166] NAGEL (1999b) nennt als strukturbeschreibende Größen: Baumpositionen, Durchmesserdimension, Artendiversität und vertikale Bestandesschichtung.

tionen bekannt sein müssen. Die positionsabhängigen Strukturindizes lassen sich weiterhin danach differenzieren, ob ein paarweiser Vergleich vorgenommen wird oder aber die Nachbarschaftsbeziehungen darüber hinaus kleinräumig untersucht werden (POMMERENING u. GADOW, 2000).

4.4 Wachstumsmodell

Für die Aufgabe einer zielorientierten Steuerung von Forstbetrieben werden nicht nur verlässliche Informationen zum gegenwärtigen Naturalzustand benötigt, sondern auch hinreichend genaue Informationen zur zukünftigen Waldentwicklung. Ersteres war in unterschiedlicher Intensität bereits seit längerem möglich und kann durch innovative Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Inventurtechniken inzwischen kostengünstig sichergestellt werden. Die Abschätzung zukünftiger Entwicklungspotenziale war und ist dagegen eher schwierig. Die traditionell zur Verfügung stehenden klassischen Ertragstafeln können den gestiegenen Informationsbedarf nicht mehr hinreichend erfüllen, um ausgehend von den erhobenen Zustandsinformationen verlässliche Prognosen zu stellen.

Die Bestandesentwicklung wird durch die Summe des Einzelbaumwachstums und die unterschiedlichen Ausscheidungszeitpunkte von Bestandesgliedern aus dem Bestandesgefüge bestimmt. Zur urteilssicheren Abschätzung der zukünftigen Ertragsentwicklung sind daher genaue Kenntnisse dieser Wachstums- und Entwicklungsprozesse wünschenswert, möglichst differenziert nach unterschiedlichen Standortseinheiten. v. TEUFFEL (1998: *S. 2*) mahnt eine nach Standortsgruppen, Höhenstufen und regionalen Einheiten differenzierte Ableitung von *„Standortsertragstafeln“* an.

Die forstliche Planungspraxis verwendet zur Prognose der Bestandesentwicklung maßgeblich Ertragstafeln. Überregionale Ertragstafeln bilden das Bestandeswachstum allerdings nur über eine verdichtete Ausweisung hoch aggregierter Größen ab. Die betriebsspezifischen Eigenheiten hinsichtlich Standortsverhältnissen, waldbaulicher Behandlungskonzepte sowie spezieller Bestandesformen können von Großgebietsertragstafeln nicht erfasst werden (BITTER, 1990). Die klassischen Ertragstafeln, für gleichaltrige Reinbestände und definierte Behandlungsstrategien entwickelt, verursachen je nach tatsächlicher Bestandesstruktur und Wuchsverhältnissen entsprechende Fehlerwerte.

Die Bedeutung von Ertragstafeln als normgebende Größe schwindet demzufolge im Zuge eines rasanten Modellwechsels merklich (KAHN u. PRETZSCH, 1998b). Die teilweise deutliche Ablehnung der Praxis gegenüber Ertragstafeln formuliert v. TEUFFEL (1998: *S. 3*): *„(...) klas-*

sische Ertragstafeln haben sich als Instrumente der Betriebssteuerung überlebt."[167] Zur Entwicklungssituation einer ertragstafelorientierten Waldwachstumskunde geben KAHN u. PRETZSCH (1998b*: S. 18*) zu bedenken, *„Ertragstafeln galten lange Zeit als Fixpunkte forstwirtschaftlicher Weltbilder, gegenwärtig scheinen sie wie Sternschnuppen am Himmel sich auflösender Normen zu verglühen."* Der Schlusspunkt dieser Entwicklung ist gleichzeitig aber auch der Ausgangspunkt für den Aufbau computergestützter Wuchsmodelle.

BIERMAYER (1998) stellt den hohen Wert waldwachstumskundlicher Modelle und die Verwendung in wichtigen Einsatzfeldern im Forsteinrichtungsprozess heraus, wobei durch die praxisgerechte Nutzung von Wuchsmodellen eine ideale Vorratshöhe und -struktur bestimmt werden kann. Gleichlautend betont auch EGIDI (1998), dass die nummerische Projektion des zukünftigen Zustandes bedeutungsvoll ist und die Beschreibung von Maßnahmen und Massen sinnvoll ergänzen sollte. v. TEUFFEL (1996) verweist darauf, dass auch bei summarischen Planungen, die den Planungsprozess zwar objektivieren können, auf die Vorgabe von Referenzgrößen nicht verzichtet werden kann. Als ein Instrument zur Ableitung stimmiger Empfehlungsgrößen wird der Einsatz von Simulationsmodellen vorgeschlagen (RADEMACHER u. GRIMM, 2002).

Zu den Möglichkeiten und Grenzen waldwachstumskundlicher Simulationsmodelle sowie deren Verknüpfung mit einer aus betrieblichen Rasterstichproben abgeleiteten Datenbasis gibt v. TEUFFEL (1998) einige interessante Hinweise. Die wichtigsten Aussagen insbesondere unter dem Aspekt des Management Supports sowie einige konkrete Fragestellungen sollen kurz zitiert werden. Eine erste Kategorie umfasst eher allgemein gefasste Anwendungsbereiche, in einer zweiten Kategorie werden durch v. TEUFFEL (1998) bereits konkrete Fragestellungen angesprochen:

Erste Kategorie:

- Nutzung von waldwachstumskundlichen Simulationsmodellen als Entscheidungshilfe für neue waldbauliche Behandlungsprogramme.
- Objektivierung von Unternehmensentscheidungen durch die Möglichkeit des Variantenstudiums.
- Intensives Variantenstudium über die Auswirkungen der angestrebten Überführung einschichtiger Altersklassenwälder in strukturreiche Mischwälder.

Zweite Kategorie:

- Vergleich der beiden Produktionsziele *„Starkholz"* und *„Sägeholz"*.
- Auswirkungen einer noch stärkeren Z-Baum-orientierten Behandlungsstrategie mit nahezu keinen Maßnahmen zwischen den Z-Bäumen.

---

[167] Vgl. EDER (1997).

- Konsequenzen aktueller Produktionsmodelle im Laubholz mit definierten astfreien Stammlängen nach dem Ende der Jungbestandspflege.

Zur Verbesserung von Wachstumsprognosen wird verschiedentlich an flexiblen einzelbaumorientierten Wachstumsmodellen gearbeitet. Als computerbasierte Prognosemodelle erlauben diese die Gegenüberstellung von Behandlungsvarianten und ermöglichen die Optimierung von Eingriffsstrategien bis hin zur Erarbeitung von Produktionsmodellen. Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland sind die Arbeiten von PRETZSCH (1992a, 2002a, b) und NAGEL (1994, 1996) richtungsweisend.[168] Auf der Grundlage weniger Start- und Steuergrößen, die die Ausgangssituation des Bestandes beschreiben, wird die Bestandesentwicklung meist in 5-Jahres-Schritten nachgebildet. Die Programme zur Bestandesanalyse und -prognose lassen als Eingangsdaten sowohl Bestandeswerte als auch Daten aus Stichprobenerhebungen zu. Die Durchforstungsstärken werden durch Grundflächenhaltung und Baumzahlleitkurven kontrolliert. Die Ergebnisse in Form von naturalen Kenngrößen sind für die anschließende betriebliche Entscheidungsfindung nutzbar, wenn die Eingangsgrößen als fundierte Datenbasis für betriebswirtschaftliche Kalkulationen genutzt werden.

Für den Aufbau eines umfassenden betrieblichen Management-Support-Ansatzes sollte aus verschiedenen Gründen nicht vollständig auf die Verwendung von Ertragstafeln als Referenzmodelle verzichtet werden. Für private Forstbetriebe sind steuerliche Gesichtspunkte und die Festsetzung eines steuerlichen Hiebssatzes (Nutzungssatz) nach wie vor von erheblicher Bedeutung. Die Richtlinien für die Bemessung von Nutzungssätzen (BUNDESFINANZMINISTER, 1956) sehen sowohl für die Bonitierung und Bestockungsgradermittlung als auch zur Berechnung von Zuwächsen, Vorräten und Normalvorräten die Verwendung von Ertragstafeln vor. Neben dieser zeitpunktbezogenen Referenz ist unter diesem Aspekt kein weiteres dynamisches Modell notwendig. Der Richtlinientext gibt dabei vor *„(..) Ertragstafeln sollen den tatsächlichen Wuchsverhältnissen des Forstbetriebes entsprechen, (...)“* (SPEIDEL, 1972*: S. 247*). Neben diesen steuerlichen bzw. gesamtplanerischen Aspekten zur Berechnung von Hiebssatzweisern übernehmen Ertragstafeln auch bei der Erstellung von Bestandesentwicklungsmodellen ergänzende sowie korrigierende Funktionen (BITTER, 1990). Ebenso ist ein Vergleich von Ertragstafelwerten mit den Ergebnissen aus Zuwachsbohrungen oder nach Wiederholungsinventuren aufschlussreich.

---

[168] Beide Quellenangaben beziehen sich jeweils auf die erste wichtige Arbeit zu dem entsprechenden Wachstumsmodell. Eine ausführliche Darstellung weiterer Publikationen folgt später.

4.4.1 Computergestützte Wachstumssimulation

Einen wichtigen Entwicklungsschub hat die moderne Waldwachstumsforschung durch die Einführung von computergestützten Wuchsmodellen erhalten. Dieser Forschungsansatz hat seinen Ursprung in den USA und fand zu Beginn der neunziger Jahre des 20. Jh. auch in der Bundesrepublik zunehmend Beachtung (EK u. MONSERUD, 1974;[169] WYKOFF et al., 1982;[170] WENSEL et al., 1986;[171] HASENAUER, 1994,[172] 2000; STERBA et al., 1995[173]). Einen umfassenden Überblick über neue computerbasierte Wuchsmodelle stellt HANEWINKEL (1998) im Rahmen seiner Untersuchung zu den Überführungsstrategien vom Altersklassen- zum Plenterwald vor.[174] HANEWINKEL (1998: *S. 55*) bezeichnet als neuere Wuchsmodelle alle Modellkonzeptionen, *„(...) die Informationen bereitstellen, die über die bestandes- oder betriebsklassenweise Abbildung in Form von Ertragstafeln hinausgehen.“* Eine ausführliche Kriterienliste für eine standardisierte Beschreibung von Wachstumssimulatoren ist von der SEKTION ERTRAGSKUNDE (2000) im DVFFA[175] erarbeitet worden. Für einen Klassifizierungsansatz werden hier in Anlehnung an PRETZSCH (1992a) die Kriterien Modellgruppe und Grundtyp gewählt.[176]

Bei der Auswahl eines computergestützten Wuchsmodells sollte nach HANEWINKEL (1998) zunächst geprüft werden, ob für die untersuchte Fragestellung tatsächlich ein Einzelbaumsimulator notwendig ist oder nicht mit einem weniger aufwendigen Bestandesmodell gearbeitet werden kann. Der entscheidende Vorteil beim Einsatz von Einzelbaumwuchsmodellen gegenüber bisherigen dynamisierten Ertragstafelmodellen ist eine flexiblere Modellierung waldbaulicher Behandlungskonzepte. Unter den Einzelbaummodellen sind nach HANEWINKEL (1998) wiederum die positionsunabhängig arbeitenden Modelle für viele Durchforstungs- und Endnutzungsstrategien in homogenen Beständen mit gleichmäßiger Eingriffsstrategie völlig ausreichend.

Kennzeichnendes Merkmal von Einzelbaumwachstumsmodellen ist die Auflösung der Bestandesstruktur in Einzelbäume, deren zukünftigen Entwicklung individuell prognostiziert werden kann. Werden die hochaufgelösten Einzelbauminformationen im Nachgang auf der

[169] FOREST.
[170] PROGNOSIS.
[171] CACTOS.
[172] MOSES.
[173] PROGNAUS.
[174] Vgl. WINDHAGER (1999a, b, c).
[175] Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten.
[176] Vgl. HANEWINKEL (1998: *S. 57*).

Bestandesebene wieder aggregiert, ähneln die Ergebniswerte den bekannten Ertragstafelda-ten.[177]

Für den eigenen Untersuchungszweck eignen sich aus der Modellgruppe der *„einzelbaum-orientierten Managementmodelle“* zwei verschiedene Grundtypen, die infolge des modularen Aufbaues des Planungs- und Steuerungsmodell (PSM) gleichermaßen in Betracht kommen und integriert werden können. Als Wachstumsmodell für das konzipierte PSM (Abb. 8, S. 60) ist jeweils ein Wuchsmodell aus dem Grundtyp *„distanzunabhängige Einzelbaummodelle“* und *„distanzabhängige Einzelbaummodelle für Rein- und Mischbestände aller Alters-zusammensetzungen“* verfügbar gewesen.[178] Als Beispiel für ein distanzunabhängiges Modell wurde das Programm *BWIN*[179] von NAGEL (1997) hinsichtlich seiner Eignung für die gestellten Planungsaufgaben bewertet.[180]

Das Programm *BWIN* ist an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt als Entscheidungshilfe zur Bestandesanalyse und -behandlung erarbeitet worden. Anlass der Entwicklung dieses neuen Planungsinstrumentes für die forstliche Praxis waren die geänderten forstlichen Rahmenbedingungen[181] und die dadurch bedingten Unzulänglichkeiten bisheriger Planungsinstrumente. Mit einem integrierten Prognosemodul wird anhand einer distanzunabhängigen Projektion des Einzelbaumwachstums über die zukünftige Bestandesentwicklung informiert. Die Ergebnisse können die klassischen Ertragstafelansätze sinnvoll ergänzen oder vollständig ersetzen. Eine wichtige Ergebnisverbesserung wird durch eine realitätsgerechtere Entwicklungsprognose für Mischbestände erwartet, wobei eine Alternative zum ertragstafelgestützten Verfahrensansatz für Mischbestände mit dessen vereinfachender Betrachtung ideeller Reinbestände geschaffen wird. Die Parametrisierung erfolgt für alle wichtigen Baumarten Norddeutschlands auf der Grundlage umfangreicher Versuchsflächendaten (NAGEL, 1997).

---

[177] So entspricht die Leistungstafel als Ergebnispräsentation des Wachstumssimulators *SILVA* im Grundaufbau weitgehend einer Ertragstafel (BIBER et al., 2000).

[178] HANEWINKEL (1998: *S: 57*) zählt als dritten Grundtyp noch die *„distanzabhängigen Einzelbaummodelle für Reinbestände“* zur Modellgruppe der einzelbaumorientierten Managementmodelle.

[179] Das Programm *BWIN* lag in den Programmversionen *BWIN 3.0, BWIN 3.2, BWINPro 4.0 und BWINPro 5.1* vor. Wenn im weiteren Text keine Versionsangabe gemacht wird, ist stets die Programmversion *BWIN 3.2* gemeint, andernfalls wird auf die entsprechende Version ausdrücklich hingewiesen.

[180] In der gegenwärtig aktuellen Version 6.0 von *BWINPro* erfolgt die Prognose weiterhin distanzunabhängig und das Programm wird entsprechend der Kriterienliste der SEKTION ERTRAGSKUNDE (2000) als positionsunabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell bezeichnet (DÖBBELER et al, 2002). Wie bereits in früheren Versionen können gleichfalls Baumkoordinaten aufgenommen oder generiert werden. BWIN bietet somit auch eine distanzabhängige Prognosefunktion an. Bei dieser Prognose wird der Konkurrenzindex und der Freistellungsparameter distanzabhängig berechnet. *„Das heißt, dass für den Bezugsbaum nur die Bäume als Konkurrenten gewählt werden, die innerhalb des (...) definierten Einflussradius stehen“* (DÖBBELER et al. 2002: *S. 26*).

[181] NAGEL (1999b) spricht in diesem Zusammenhang von neuen Bewirtschaftungskonzepten (z. B. Weitverbände, Auslesedurchforstung) und veränderten Umweltbedingungen (z. B. Stickstoffeinträge), die zu immer stärkeren Abweichungen zwischen den Ertragstafeln und der Wirklichkeit führen.

Bei der Bestandesaufnahme wird häufig auf eine aufwendige Einmessung von Einzelbaumpositionen verzichtet. Lediglich im Rahmen waldwachstumskundlicher Untersuchungen auf langfristigen Versuchsflächen ist der Aufwand vertretbar. Bei stichprobenbasierten Inventurverfahren werden ebenfalls horizontale Strukturinformationen erhoben, indem in einzelnen konzentrischen Probekreisen die Baumpositionen eingemessen werden.

Bei einer Beschränkung auf einen distanzunabhängigen Modellansatz werden bereits erhobene Informationen nicht gänzlich genutzt. Sind für Bestände Stammfußkoordinaten bekannt, kann bei der Wachstumsprognose die Information über die Position der einzelnen Bäume zueinander zusätzlich berücksichtigt werden.

Je nach Modellansatz fließen auch die konkurrenzbeschreibenden Größen entweder distanzabhängig oder -unabhängig in das Wachstumsmodell ein. WINDHAGER (1999a: *S. 136)* vergleicht distanzabhängige und -unabhängige konkurrenzbeschreibende Faktoren in deren Auswirkung auf den Grundflächenzuwachs. Dabei stellt sich heraus, *„dass sich die distanzabhängigen Konkurrenzgrößen in einem Grundflächenzuwachsmodell erwartungstreuer verhalten als die distanzunabhängigen, dass sie aber keinen stärkeren Zusammenhang zum Grundflächenzuwachs widerspiegeln."* Außerdem teilt WINDHAGER (1999a) mit, dass die Verwendung von konkurrenzbeschreibenden Faktoren gegenüber einem Modell ohne Konkurrenz nur zu einer geringeren Verbesserung der Schätzung des Grundflächenzuwachses führt. Die mitgeteilten Bestimmtheitsmaße liegen für das Modell ohne Konkurrenz nur um 0,1 unter den Werten der Modelle, die die Konkurrenz bei der Zuwachsschätzung zusätzlich berücksichtigen.

Ein Wuchsmodell, das diese Distanz-(Positions)abhängigkeit in den Modellansatz aufnimmt, ist der Einzelbaumsimulator *SILVA.*[182] Mit einer Weiterentwicklung lassen sich die Strukturinformationen direkt aus konzentrischen Probekreisen ableiten (DEGENHARDT u. POMMERENING, 1999). Auch wenn a priori keine Baumpositionen vorliegen, die für die Erstellung von Bestandesstrukturen genutzt werden können, sind distanzabhängige Modellansätze vorteilhaft. *„Positionsabhängige Modelle sind positionsunabhängigen Modellen darin überlegen, dass mit ihnen unterschiedliche Waldaufbaustrukturen und Mischungsformen berücksichtigt werden können"* (NAGEL, 1999a: *S. 17*).

HANEWINKEL (1998: *S. 64*) betont, dass distanzunabhängige Modelle *„nur mit Einschränkungen die baumartenspezifischen Reaktionen auf gegebene Konkurrenzsituationen berücksichti-*

---

[182] Der Einzelbaumwachstumssimulator *SILVA* ist ausschließlich in der Programmversion 2.2 verwendet worden. Alle Aussagen im weiteren Text beziehen sich daher auf diese Version. Bei Hinweisen auf die Programmgenese und eine frühere Programmversion wird dies ausdrücklich vermerkt.

gen,“ da dieser Modellansatz nicht unterscheidet *„welcher Baumart die unmittelbaren Nachbarn eines zu simulierenden Baumes angehören.“* POMMERENING (1998a) erklärt unter Hinweis auf PRETZSCH (1995), dass bereits die räumliche Bestandesstruktur in eher gleichmäßig aufgebauten Wirtschaftswäldern erheblichen Einfluss auf den Zuwachs hat und nur positionsabhängige Prognosemodelle *„die Wechselwirkung zwischen Bestandesstruktur und Zuwachs berücksichtigen“* können (PRETZSCH, 1995: *S. 199*). Dieser zuwachswirksame Struktureffekt nimmt mit zunehmender Abkehr von homogenen Bestandesstrukturen zu (PRETZSCH, 1995). Distanzabhängige Modellansätze sind auch dann vorteilhaft, wenn Behandlungsprogramme nicht gleichmäßig auf der gesamten Fläche wirken, sondern bei Z-Baum-orientierten Pflegemodellen mit fester Z-Baum-Anzahl die Konkurrenzsituation in unmittelbarer Nähe des einzelnen Z-Baumes für die Prognoseergebnisse maßgeblich ist. Bei distanzunabhängigen Modellen werden die Konkurrenzverhältnisse hingegen über ein *„durchschnittliches Konkurrenzmaß“* ausgedrückt (HANEWINKEL, 1998: *S. 64*).

In der weiteren Entwicklung ist auch für das Programm *BWIN* eine Überführung in ein positionsabhängiges Modell vorgesehen, *„da dadurch die Simulationsmöglichkeiten erheblich erweitert werden (...)“* (NAGEL, 1999a: *S. 89*).[183] Das Programm *SILVA* arbeitet bereits jetzt positionsabhängig und die regionale Herkunft der Basisdaten zur Parametrisierung des Modells werden der tatsächlichen geographischen Einordnung des Untersuchungsbetriebes besser gerecht. Aus diesen Gründen ist für die Untersuchung *SILVA* als Wachstumsmodul verwendet worden.

4.4.2 Der Wachstumssimulator *SILVA*

„Die Entwicklung verschiedenartig aufgebauter Rein- und Mischbestände lässt sich in einem Modell nur prognostizieren, wenn man den Bestand in seine Einzelbäume auflöst und die Einzelbäume in ihrer Entwicklung beschreibt. Die Einzelbaumdaten können danach wieder zu Bestandesdaten aggregiert werden“ (NAGEL, 1997: *S. 21*). Mit dem distanzabhängigen Einzelbaumsimulator *SILVA* wird dieser Auflösungsgrad zur Untersuchung des Bestandeswachstums erreicht.

Auf alle waldwachstumskundlichen und programmtechnischen Einzelheiten des Wachstumssimulators *SILVA* kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Einen guten Überblick liefert das Handbuch zur aktuellen Version (BIBER et al., 2000; Pretzsch, 2002b). Die Theorie ist in der Literatur umfassend beschrieben. Für Anwendung und Integration in das in der Untersuchung erarbeitete Modellkonzept sind aber einige wenige Punkte besonders wichtig.

---

[183] S. a. Fußnote 180, S. 74.

Dies betrifft u. a. die Inventurschnittstelle zur Erzeugung von Bestandesstrukturen aus Stichprobeninformationen[184] sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung an betriebsspezifische Wuchsverhältnisse, inklusive der implementierten Standortssensitivität. Zur Simulation der Bestandespflege bietet *SILVA* unterschiedliche waldbauliche Behandlungs- und Verfahrenskonzepte an. Über die verschiedenen Möglichkeiten soll ebenfalls in der gebotenen Kürze berichtet werden.

Seit mit dem Modellprototyp *SILVA 1* erstmals ein distanzabhängiges Wachstumsmodell vorgestellt wurde (PRETZSCH, 1992a, 1993), hat der einzelbaumorientierte Modellansatz auch in der Forstökonomie zunehmende Resonanz gefunden. Der Grund dafür liegt in der Möglichkeit, alternatives waldbauliches Handeln flexibel abzubilden. Insbesondere seit mit der Entwicklungsstufe *SILVA 2*[185] weitergehende Funktionalitäten zur Verfügung stehen, sind unter Einsatz des Wachstumsmodells zahlreiche waldbaulich, planerisch und ökonomisch ausgerichtete Arbeiten erschienen.[186]

4.4.2.1 Ausgewählte Modellfunktionen

Von den umfangreichen Modellfunktionen, die in *SILVA* implementiert sind, sollen nur einige wenige ausgewählte Modellbeziehungen näher vorgestellt werden, die unmittelbar Bedeutung für die eigene Untersuchung haben. Dazu gehört das Höhenzuwachsmodell inklusive der standortsabhängigen Steuerung der potenziellen Höhenentwicklung sowie das Durchmesserzuwachsmodell.

Im Übrigen gibt es zu *SILVA* eine große Anzahl von Quellen. So berichtet ĎURSKÝ (1997)[187] über die Modellierung von Absterbeprozessen, die über ein Mortalitätsmodell gesteuert werden. Die das Einzelbaumwachstum maßgeblich steuernden Konkurrenzeffekte werden von PRETZSCH (1995) behandelt. Zusammenfassende Darstellungen sind u. a. in KAHN u. PRETZSCH (1998a, b) und PRETZSCH (2000) zu finden. Ebenso enthalten die Arbeiten von HANEWINKEL (1998)[188] und DENSBORN (1999a) Hinweise zu den Modellgrundlagen.

Das Durchforstungsmodell wird in dieser Untersuchung in Abschnitt 4.4.5[189] eingehender besprochen. Auf eine Verwendung des integrierten Sortierungs- und Bewertungsmoduls wird in der vorliegenden Untersuchung aufgrund der eingeschränkten Funktionen verzichtet. Die dif-

[184] Vgl. Abschnitt 4.4.2.2.2.2, S. 84.
[185] In den Versionen 2.1 und 2.2.
[186] Vgl. Abschnitt 4.4.2.3, S. 86.
[187] Vgl. ĎURSKÝ et al. (1996).
[188] Hierbei ist allerdings zu beachten, dass HANEWINKEL (1998) sich auf die Programmversion *SILVA 2.1* bezieht, die teilweise abweichende Modellgrundlagen im Vergleich zur neuesten Version *SILVA 2.2* beinhaltet.
[189] Siehe hierzu S. 92.

ferenziert einzusetzende leistungsfähige Alternativlösung, die die vorliegende Aufgabenstellung durch den modularen Aufbau in besonders geeigneter Weise unterstützt, wird in Abschnitt 4.5.2[190] näher erläutert.

Zur Abbildung der standörtlichen Leistungskraft ist im Wachstumsmodell *SILVA* ein Standorts-Leistungsmodell integriert, mit dem aus einer Kombination von neun verschiedenen Standortsfaktoren die potenzielle Höhenentwicklung einzelner Baumarten geschätzt und das Durchmesserwachstum modifiziert werden kann (PRETZSCH et al., 2000). Die Eingangsvariablen sind gegliedert in Informationen zur Nährstoffversorgung und beschreiben die zukünftigen Temperaturbedingungen sowie die Wasserversorgung.

Zur benutzerdefinierten Einsteuerung der Standortsleistungsfähigkeit stehen in der aktuellen Programmversion darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten zur Verfügung, um das potenzielle Höhenwachstum betriebsindividuell anzupassen. Je nach Informationsstand über die standörtlichen Wuchsbedingungen können unterschiedliche Anpassungen vorgenommen werden. Liegen sehr spezielle Informationen zu Standort und Klima vor, besteht die Möglichkeit über die direkte Anpassung von neun Standortsfaktoren (Standortsleistungsmodell fein) das Wachstum zu steuern. Alternativ können auch Informationen aus der häufig vorhandenen forstlichen Standortskartierung verarbeitet werden (Standortsleistungsmodell grob). Zusätzlich kann eine ertragstafelorientierte Höhenentwicklung vorgegeben werden. Diese Einstellungen werden in der Standortsdatei [*.sto] abgelegt.

Mit einer weiteren Steuerdatei [*.akp] kann eine aus Aufnahmeergebnissen regressionsanalytisch abgeleitete Höhenentwicklung eingesteuert werden. Insgesamt sind, wie unten dargestellt, sechs unterschiedliche Einsteuerungsvarianten zur Modellierung des Höhenwachstums wählbar. Im Einzelnen werden nachfolgend nur die beiden hervorgehobenen Verfahren (siehe unten) näher erörtert, da diese mit zusätzlichen Informationen aus einer regressionsanalytischen Aufbereitung von Höhenmesswerten arbeiten.

- Standortsleistungsmodell mit detaillierten Angaben zu den neun Standortsfaktoren (fein).
- Standortsleistungsmodell mit Informationen aus der forstlichen Standortserkundung (grob).
- **Standortsleistungsmodell (fein) mit zusätzlich regressionsanalytisch abgeleiteten Informationen zur Höhenentwicklung.**
- **Standortsleistungsmodell (grob) mit zusätzlich regressionsanalytisch abgeleiteten Informationen zur Höhenentwicklung.**
- Standortsleistungsmodell (fein) mit ertragstafelorientierter Höhenentwicklung.
- Standortsleistungsmodell (grob) mit ertragstafelorientierter Höhenentwicklung.

[190] Siehe hierzu S. 98.

Kahn (1994a) verwendet zur Berechnung der potenziellen Höhenentwicklung im Rahmen des Standortsleistungsmodells eine zweiparametrige Wachstumsfunktion (Gleichung [1]), wie diese bereits 1957 durch BERTALANFFY mitgeteilt worden ist (HANEWINKEL, 1998; DENSBORN, 1999a).

$$h_0(t) = A * \left(1 - e^{-k*t}\right)^3 \quad \textbf{[1]}$$

Eine kleinstandörtliche Adjustierung und Ergänzung der Standortsdatei ist durch die Erweiterung der Höhenschätzung durch die Verwendung einer dreiparametrigen Wachstumsfunktion [2][191] nach CHAPMAN-RICHARDS (KAHN u. PRETZSCH, 1998b; BIBER et al., 2000) möglich.

$$h_0(t) = A * \left(1 - e^{-k*t}\right)^p \quad \textbf{[2]}$$

- *$h_0(t)$:* *Oberhöhe [m] im Alter t*
- *t:* *Alter [Jahre]*
- *A:* *Asymptote der Wachstumsfunktion*
- *p, k:* *Steigungsparameter der Wachstumsfunktion*

Über Verfahren der nichtlinearen Regression können die CHAPMAN-RICHARDS-Funktion an die vorliegenden Höhenmesswerte approximiert und die Koeffizienten *A*, *k* und *p* an die *.akp-Steuerdatei übergeben werden.[192] Die Algorithmen zur Funktionsanpassung benötigen jeweils eine gute Ausgangsschätzung, da diese ansonsten nicht einem optimalen Endpunkt zustreben. Allerdings stellen die abgeleiteten Parameterwerte theoretisch nur eine aus unendlich vielen Lösungskombinationen dar (GILLE, 2000). Die 1959 von RICHARDS vorgeschlagene Funktion ist gegenwärtig die im englischen Sprachraum am häufigsten verwendete Wachstumsfunktion (GILLE, 2000). Die Funktion ist sehr flexibel und darüber hinaus auch die Verallgemeinerung anderer Wachstumsfunktionen, so geht die CHAPMAN-RICHARDS-Funktion für *p=3* in die BERTALANFFY-Funktion über. GILLE (2000) weist aber ausdrücklich darauf hin, dass bei der nichtlinearen Regression häufig Konvergenzprobleme auftreten und die gegenseitige Beeinflussung der Parameter[193] eine Funktionsanpassung erschwert (KAHN u. PRETZSCH, 1998b).

ĎURSKÝ (1998) leitet mit Hilfe der CHAPMAN-RICHARDS-Funktion beispielhaft für den Stadtwald Traunstein eine unechte Altershöhenentwicklung für verschiedene Bestandestypen auf unterschiedlichen Standortseinheiten ab.[194] Die Ausgangsdaten für die Parametrisierung wurden auf Probekreisen der Betriebsinventur erhoben. Nach der Stratifizierung der Waldbe-

[191] Diese Funktion wird auch in der vorliegenden Arbeit verwendet.
[192] Vgl. SCHÖNFELDER (1986).
[193] Kovarianz.
[194] Zur Beschreibung dieser Kombination wird auch der Begriff *„Kreuzstratifizierungseinheit"* verwendet. Die Kreuzstratifizierungseinheit ist das Ergebnis einer *„zweidimensionalen Gruppierung auf Grund von Bestandestyp und Standortstyp"* (ĎURSKÝ, 1999: *S. 316*).

stände sowie zusätzlicher Zusammenfassung schwankt die Stratenbelegung zwischen 10 und 104 Probekreisen je ausgeschiedener Kreuzstratifizierungseinheit. Unter der Maßgabe, dass nach erfolgter Stratifizierung in den einzelnen Straten wiederum Altersreihen gebildet werden sollen, scheint eine Belegung mit 10 Probepunkten je Stratum die absolut untere Grenze zu sein. Die Anpassungsgüte ist hoch und dementsprechend ist die Beschreibung der Altershöhenentwicklung in einzelnen Straten mit Bestimmtheitsmaßen von 0,72 bis 0,99 sehr aussagekräftig.

Auch der potenzielle Durchmesserzuwachs wird in Abhängigkeit vom Standort beschrieben (KAHN u. PRETZSCH, 1998a). Das standörtlich mögliche Durchmesserwachstum berechnet sich nach folgender Funktion:[195]

$$d_{pot} = -\frac{\ln\left(1 - \sqrt[c_0]{\frac{h_{pot} - 1{,}3}{A}}\right)}{c_1}$$

[3]

- d_{pot}: *standörtlich potenzieller Baumdurchmesser [cm]*
- h_{pot}: *standörtlich potenzielle Baumhöhe [m]*
- *A:* *baumartenspezifische Asymptote des potenziellen Höhenwachstums [m]*
- C_o, C_1: *baumartenspezifische Funktionsparameter*

Anders als bei der Höhenentwicklung ist die direkte Modellanpassung an die betrieblichen Standortsbedingungen durch eine benutzerdefinierte Parameterübergabe nicht möglich. Der potenzielle Durchmesserzuwachs hängt damit ganz wesentlich von der Datenbasis ab, die zur Parametrisierung der Modellfunktionen verwendet worden ist (HANEWINKEL, 1998). Zur Überprüfung der Modellergebnisse und der Übertragbarkeit auf den westlichen Nordschwarzwald wird von HANEWINKEL (1998) aus Inventurdaten der potenzielle Durchmesserzuwachs als Vergleichsgröße abgeleitet. Zur Darstellung der Durchmesserentwicklung über der Höhe wird die Gleichung [3][196] verwendet. Beim Vergleich der potenziellen Durchmesserzuwächse konnte HANEWINKEL (1998: *S. 144*) eine *„recht gute Übereinstimmung“* mit den Modellergebnissen belegen. KNOKE (1998) untersucht ebenfalls die vom Modell prognostizierten Durchmesserzuwächse, indem ein Vergleich mit einzelstammweise gemessenen Durchmesserzuwächsen für eine mehr als 10-jährige Zuwachsperiode vorgenommen wird. Für die Fichte wird eine gute Übereinstimmung festgestellt, bei der Tanne hingegen kann das Modell die im Alter festgestellten hohen Durchmesserzuwächse ohne eine individuelle Anpassung nicht realitätsgerecht abbilden (KNOKE, 1998).

---

[195] Das Alter geht über h_{pot} in die Funktion ein.
[196] Umkehrfunktion der CHAPMAN-RICHARDS-Funktion.

Mit dem Versionswechsel von *SILVA* 2.1 zu *SILVA* 2.2 sind auch die Modellfunktionen zur Berechnung der potenziellen Durchmesserzuwächse überarbeitet worden. Wie Gleichung [3] zeigt, war bisher der potenzielle Durchmesserzuwachs wesentlich durch den potenziellen Höhenzuwachs gesteuert (KAHN u. PRETZSCH, 1998a). In der neueren Programmversion wird der potenzielle Durchmesserzuwachs nach Gleichung [4] in Abhängigkeit vom BHD modelliert (KAHN u. PRETZSCH, 1998b). Im Unterschied zum unveränderten Höhenzuwachsmodell, bei dem der Standortseinfluss bereits im Höhenpotenzialwert Eingang findet, wird beim Durchmesserzuwachsmodell in der neuen Version 2.2 die Standortskomponente unabhängig vom Durchmesserzuwachspotenzial modelliert.[197]

$$zd_{pot} = A * \left(1 - e^{-k*d}\right)^{p} * k * p * e^{-k*d} \qquad \textbf{[4]}$$

- zd_{pot}: *potenzieller Durchmesserzuwachs des Einzelbaumes [cm/5 a]*
- *d: Baumdurchmesser [cm]*
- *A, k, p: Funktionsparameter*

Zur Modellvalidierung und Beurteilung der Durchmesserschätzung kann daher nicht mehr Gleichung [3] verwendet werden. Als Vergleichsgrundlage können dennoch weiterhin die realen Durchmesserzuwächse aus Folgeinventuren oder Bohrspananalysen genutzt werden.

[197] Vgl. KAHN u. PRETZSCH (1998b: *S. 26–27*).

4.4.2.2 Der Reproduktionsprozess zur Fortschreibung von Betriebsinventuren

Bevor sich die Ergebnisse einer Stichprobeninventur mit SILVA fortschreiben lassen, ist eine Umwandlung der Daten in das von SILVA benötigte Format vorzunehmen (Biber et al., 2000). Der im Fall nicht ausreichender Datengrundlagen durchzuführende Prozess zur Erzeugung der notwendigen Einzelbaumdaten und Bestandesstrukturen wird als Reproduktion bezeichnet (Pommerening, 2000b).

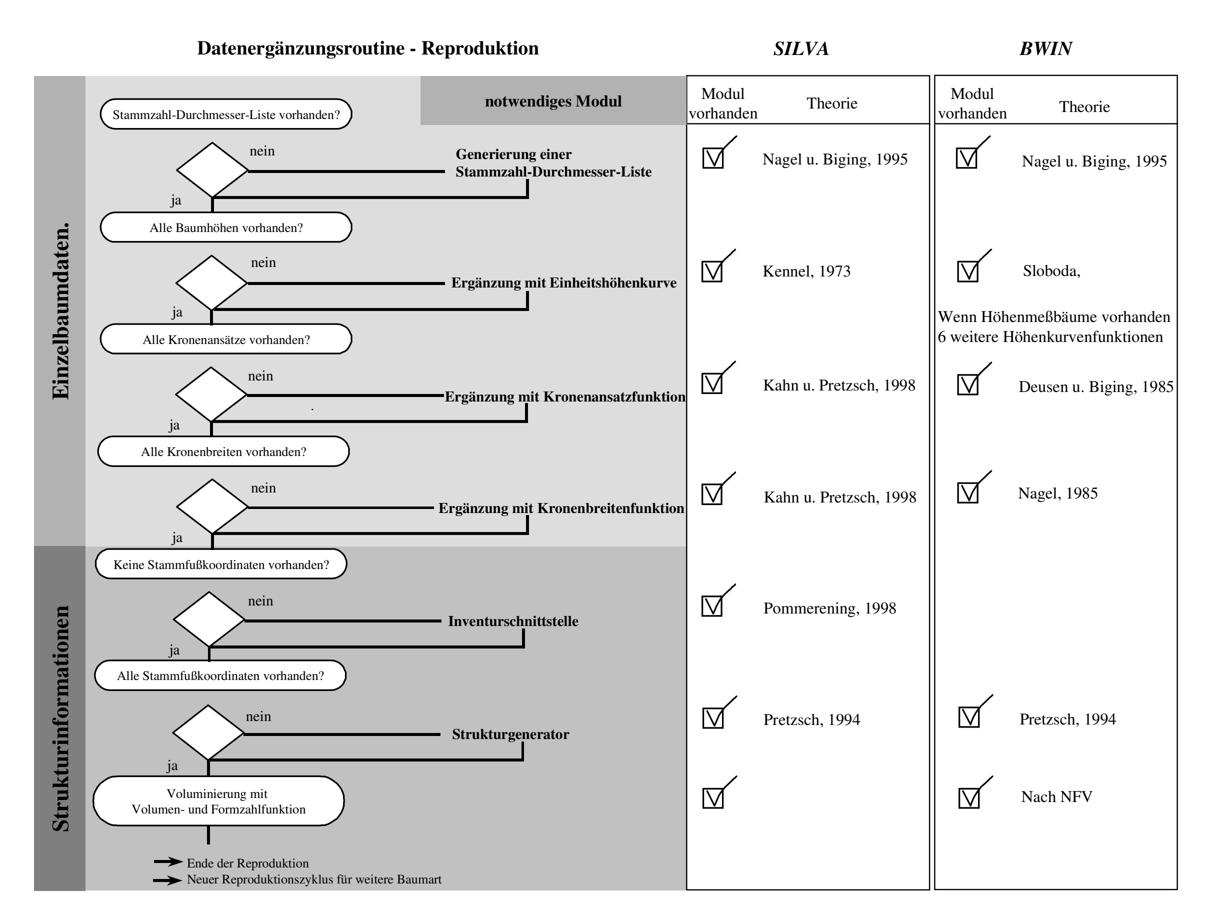


***Abb. 11**: Graphische Darstellung des Phasenprozesses der Reproduktion in Anlehnung an POMMERENING (1998c) und NAGEL (1999b). Die Abbildung zeigt im Vergleich zwischen SILVA und BWIN, die für die einzelnen Reproduktionsschritte notwendigen Funktionen.*

Die Reproduktionsverfahren sowie die Anbindung von Stichprobendaten an positionsabhängige Einzelbaummodelle werden von POMMERENING (1998a, b, c, 1999) ausführlich beschrieben (Abb. 11). POMMERENING (1998c: *S. 2*) definiert:

*„**Reproduktion**[198] als (...) Schlüsselmethode zwischen Inventur und Fortschreibung. Sie erfasst räumliche Informationen von Waldbeständen aus Stichprobendaten und unternimmt den Versuch, Waldstrukturen möglichst wirklichkeitsnah aus unvollständigem Datenmaterial zu rekonstruieren."*

[198] Innerhalb des Reproduktionsprozesses (Oberbegriff) werden verschiedene Verfahrensschritte (Rekonstruktion) zur Erzeugung fehlender Informationen ausgeführt (vgl. Abbildung 11).

4.4.2.2.1 Rekonstruktion von Einzelbaumdaten

Die beste Daten- und Prognosequalität ist bei der Vorlage von Vollaufnahmen zu erwarten. Diese Form der Bestandesaufnahme dürfte allerdings in der betrieblichen Praxis der Ausnahmefall sein. Bei jeder anderen Form der Bestandesaufnahmen müssen aus den erhobenen Informationen Startwerte für die Wachstumsprognose gewonnen werden. Einen kurzen Überblick über die Einzelschritte zur Rekonstruktion von Einzelbaumdaten gibt POMMERENING (1998c).

Nach der Generierung einer Stammzahl-Durchmesser-Verteilung (NAGEL u. BIGING, 1995) werden fehlende Baumhöhen mit Hilfe von Einheitshöhenkurven (KENNEL, 1973) berechnet. Zur Beschreibung der Kronenmorphologie werden Kronenansätze und Kronenbreiten ergänzt. Damit ist die Datenrekonstruktion für jeden Einzelbaum abgeschlossen. Liegen Stammfußkoordinaten vor, kann direkt mit der Inventurschnittstelle der Reproduktionsprozess zur Bestandesgenerierung fortgeführt werden. Sollten keine Stammfußkoordinaten vorhanden sein, ist zunächst eine Bestandesstruktur zu generieren, indem für jeden einzelnen Baum Stammfußkoordinaten erzeugt werden.

4.4.2.2.2 Rekonstruktion räumlicher Strukturen

Fehlen die Informationen über die tatsächliche Baumverteilung, müssen vor der Wachstumsprognose entsprechende Bestandesstrukturen erzeugt werden. Zur Erzeugung möglichst realistischer und treffender Bestandesstrukturen können verbale Charakterisierungen von Mischungsformen hilfreich sein. Diese Informationen werden üblicherweise bei einer Bestandesbeschreibung im Rahmen der Taxation erhoben. Der Prozess der Strukturerzeugung erfolgt mit Hilfe von Reproduktionsverfahren. Je nach Datenbasis kann der Strukturgenerator (*STRUGEN)* von PRETZSCH (1993) oder die Inventurschnittstelle von POMMERENING (1998b) genutzt werden.

4.4.2.2.2.1 Der Strukturgenerator *STRUGEN*

Mit der Entwicklung des Strukturgenerators (*STRUGEN*) zeigt PRETZSCH (1993) einen Lösungsweg, um aus großflächig bekannten und verbal beschriebenen Strukturbefunden[199] rechnerisch räumliche Bestandesstrukturen zu erzeugen. Diese werden durch *SILVA* als Startgröße verwendet. Eine Programmroutine versieht dazu alle Bäume einer vorgegebenen Stammzahl-Durchmesser-Verteilung mit *„uniformverteilten x- und y-Koordinaten (...), die dann als Punktregen auf eine Testfläche fallen“* (PRETZSCH: 1993, *S. 36*).

---

[199] Z. B. Trupp- oder Gruppenmischung.

4.4.2.2.2.2 Inventurschnittstelle zur Strukturreproduktion aus Stichprobendaten

Die Stichprobendaten können auf Bestandes- oder Betriebsebene vorliegen oder überregional (Bundeswaldinventur) erhoben worden sein. Als Stichprobenverfahren kommen u. a. Winkelzählproben und konzentrische Probekreise in Frage. Für die vorliegende Untersuchung sind die Verfahren zur Reproduktion von Stichprobendaten aus Betriebsinventuren, die auf konzentrischen Probekreisen ermittelt worden sind, von besonderem Interesse. Der Forschungsschwerpunkt liegt dabei in der Nutzung von Stichprobendaten als *„Eingangsdaten zur Parametrisierung von Wachstumsfunktionen und zur Durchführung von Prognoseläufen“*. Forschungsziel ist, *„auf Basis von Punktprozessen reale Bestandesstrukturen modellhaft zu beschreiben und auf der Basis solcher Modelle wirklichkeitsgetreu zu reproduzieren“* (POMMERENING, 2000a).[200]

ĎURSKÝ (1999) nimmt Bezug auf POMMERENING (1998a) und stellt fest, dass für die Generierung von repräsentativen Waldbeständen bei einer ausreichenden Anzahl von Stichprobenpunkten auch direkt die Einzelbaumdaten benutzt werden können. Liegt eine ausreichende Anzahl von Stichprobenpunkten vor, können unter Verwendung eines entsprechenden *SILVA*-Moduls direkt aus den Einzelbaumdaten Bestandesstrukturen für ausgewiesene Straten realitätsgerecht reproduziert werden (ĎURSKÝ, 1999).

Da für die eigene Untersuchung die Aufnahmeergebnisse einer Stichprobeninventur Verwendung finden, soll diese Reproduktionsmethode und die Kopplung an *SILVA* tiefer gehend dargestellt werden. Die Verbindung zwischen Inventurdaten aus Stichprobenerhebungen und dem Waldwachstumssimulator ermöglicht als ein separates Modul die *„integrierte Schnittstelle zur Nutzung von Inventurdaten für SILVA 2.2“*[201] (POMMERENING, 1998b: *S. 149*).

Die Fortschreibung von Betriebsinventuren, die auf einem Inventurkonzept mit konzentrischen Probekreisen fußen, kann auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen (BIBER et al., 2000: *S. 124*):

- Stratenweise Fortschreibung der Betriebsinventur auf der Basis konzentrischer Probekreise.
- Fortschreibung einzelner Probepunkte der Betriebsinventur auf der Basis konzentrischer Probekreise.

Beide Verfahren setzen zunächst voraus, dass vor einer Fortschreibung Startwerte für das Wuchsmodell erzeugt werden. Dabei ist zu beachten, dass bei der Aufnahme konzentrischer Probekreise aufgrund von Kluppschwellen Bäume in einzelnen konzentrischen Kreisen feh-

---

[200] Homepage des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der TU München.
[201] Im Folgenden kurz *„Inventurschnittstelle“*.

len. Diese tatsächlich vorhandenen, aber nicht aufgenommenen Bäume sind möglichst realistisch hinzuzufügen. Um störende Randeffekte zu vermeiden, sollten Probeflächen nicht losgelöst von der umgebenden Bestandesstruktur fortgeschrieben werden.

Als Ergebnis einer Stichprobeninventur liegen *P* Aufnahmepunkte vor. Diese können sinnvoll nachstratifiziert und dadurch zu Gruppen zusammengefasst oder wie oben beschrieben als Einzelfläche für die Fortschreibung aufbereitet werden. Die Reproduktion startet damit, dass Probeflächen nach dem Zufallsprinzip[202] auf einer virtuellen Bestandesfläche überschneidungsfrei verteilt werden. Die einzelnen Probekreisflächen werden zuvor um einen zufälligen Winkel gedreht. Einzelne Probeflächen dürfen durch die Bestandesgrenzen geschnitten werden. Ist die gesamte Bestandesfläche mit Probeflächen belegt worden, wird innerhalb und zwischen den Probeflächen mit Einzelbäumen ergänzt (POMMERENING, 1998c). Zur Ergänzung der Bäume sollen möglichst viele Informationen aus den Aufnahmeergebnissen der Stichprobeninventur verwendet werden, um dem Ziel nahe zu kommen, die tatsächlichen Waldstrukturen möglichst realistisch nachzubilden. Ergebnis der Reproduktion ist ein repräsentativer Waldbestand pro Stratum bzw. ein Waldbestand, der aus der Information nur einer Probefläche abgeleitet wurde. Da für die Stratifizierung in der vorliegenden Untersuchung vorwiegend die Variablen der Typenkriterienansprache verwendet werden, soll von typenrepräsentierenden bzw. typentypischen Beständen (ttB) gesprochen werden (BITTER, 2002).

Die Ergänzung der Einzelbaumliste erfolgt auf der Grundlage einer zuvor aus der Inventur abgeleiteten Stammzahl-Durchmesser-Beziehung.[203] Die Ergänzung fehlender Einzelbaumpositionen geschieht nach einem festem Prinzip, so dass aus der Stichprobe Informationen über Baum-Baum-Abstände entnommen werden können. Kennzahl für diese induktiv abgeleitete Strukturinformation ist die *„Alpharegularität“* (POMMERENING, 2000c: *S. 167*). Mit der α-Regularität werden Wahrscheinlichkeiten für Mindest- bzw. Maximalabstände zwischen den Bäumen festgelegt.

An den Reproduktionsschritt schließt sich unmittelbar die Fortschreibungsphase an. Aufgrund des Reproduktionsprozesses, der auch stochastische Elemente mit einschließt, ist zur Überprüfung der Stabilität und Schätzung der Varianz der Fortschreibungsergebnisse mit einer Anzahl von Wiederholungen zu arbeiten. POMMERENING (1998b) teilt eine Wiederholungsrate von 10 bzw. 30 Durchläufen mit. KAHN u. PRETZSCH (1998b) betonen, dass bis auf die Standortshöhenkurven nahezu alle Programmprozesse von Zufallsprozessen überlagert werden. Zur

[202] In diesem Fall unter Ziehen mit Zurücklegen.
[203] Diese Stammzahl-BHD-Beziehung wird aus allen Probepunkten eines Stratums gebildet. Fehlen zusätzlich noch Einzelbaumdaten, weil bei der Inventur nicht alle Höhen, Kronenansätze und Kronenradien erhoben wurden, werden diese Informationen ebenfalls jetzt ergänzt.

Stabilisierung der Ergebnisse werden 10 Wiederholungsläufe vorgeschlagen. Um die Wirkung des Zufallsfaktors auf die Bestandesergebnisse zu minimieren, verwendet KRAMER (2000a) zur Berechnung eines gemittelten Verlaufes der Bestandesentwicklung 20 Simulationswiederholungen.

4.4.2.3 *SILVA* in der betriebswirtschaftlichen Forschung

Ein Blick auf die inzwischen recht umfangreiche Literatur zeigt den breiten Aufgabenbereich, für den der Wachstumssimulator *SILVA* bereits eingesetzt wurde. Erste entsprechende Forschungsvorhaben mit einem breiten betrieblichen Einsatzschwerpunkt waren Untersuchungen in Plenterwäldern sowie vergleichende Bewertungen dieser Waldaufbauform mit Altersklassenwäldern und Simulationsstudien für Überführungsvarianten von Altersklassenwäldern zu Plenterwäldern (HANEWINKEL, 1998; KNOKE, 1998).

Bei KNOKE (1998) werden aus betrieblicher Sicht für sieben Modellbestände Einzelbaumlisten generiert, die jeweils unterschiedliche Plenterwald-Stammzahlverteilungen mit den Baumarten Fichte, Tanne und Buche repräsentieren. Für diese, in Struktur und Vorratshöhe differierenden Plenterbestände, werden die naturale Entwicklung und die Wertleistung untersucht. Die Steuerung der Durchforstung erfolgt über den Abgleich der standardisierten Stammzahlverteilungen mit der jeweils resultierenden Stammzahlverteilung nach einer Fortschreibungsperiode von 5 Jahren. Die Länge der Prognosespanne wird auf insgesamt 20 Jahre festgesetzt. Als Vergleichsmaßstab wird die Entwicklungssimulation eines Fichtenreinbestandes von PRETZSCH u. KAHN (1996) herangezogen.

Die Überführung von Reinbeständen zu Plenterwaldstrukturen steht bei HANEWINKEL (1998) im Vordergrund. Am Beispiel des Waldentwicklungstyps Fichte (rein) wird zunächst eine Startsituation für einen 30-jährigen Bestand auf Basis von Inventurdaten mit STRUGEN[204] generiert. Ein vierphasiges Überführungskonzept wird in vier umfassend beschriebenen Überführungsvarianten operationalisiert.

Für die Vergleiche mit dem Altersklassenwald wird eine Z-Baum-Bewirtschaftung in Anlehnung an JOHANN (1987) gewählt. Für die Z-Baum-orientierte Bestandesbehandlung werden zwei unterschiedliche Varianten festgelegt, wobei die eine als Risikovariante formuliert ist. Die Pflegekonzepte und die einzelnen Größen des grundflächengesteuerten Behandlungsprogramms sind bei HANEWINKEL (1998) aufgeführt. Der Fortschreibungszeitraum beträgt 110 Jahre mit jeweils 5-jährigen Perioden.

[204] Vgl. Abschnitt 4.4.2.2.2.1, S. 83.

Als zentrales Modul für eine Analyse der Kiefernbetriebsklasse *„Pfälzerwald“* verwendet DENSBORN (1999a) den Wachstumssimulator. Die Bestandesgenerierung erfolgt aus Bestandesmittelwerten mit STRUGEN, wobei die grundlegenden naturalen Zustandsgrößen aus Ertragstafeln entnommen werden. Untersuchungsgegenstand ist der Vergleich von vier waldbaulichen Bewirtschaftungsstrategien – jeweils zwei Vor- und Endnutzungsstrategien – mit den damit verbundenen Auswirkungen auf die Finanz- und Vermögenssphäre. Für die Vornutzungsstrategien in Beständen bis 90 Jahre werden oberhöhengesteuerte Z-Baum-orientierte Pflegekonzepte über alle Ertragsklassen hinweg, getrennt nach befahrbaren Lagen und Hanglagen, entwickelt. Als bonitätsabhängige Endnutzungsstrategien werden einzelstammweise Zielstärkennutzungen einer Endnutzung im Kahlschlag gegenübergestellt.[205] Als Prognosezeitraum wurden 30 Jahre gewählt.

DEEGEN et al. (2000) verwenden das Modell zur finanziellen Bewertung von Pflegekonzepten bei der Fichte in Sachsen. Eingangsgrößen sind hoch aggregierte Bestandesdaten für unterschiedliche Alter. Als Simulationsvariablen werden Durchforstungsart und -stärke sowie verschiedene Eingriffsintervalle gewählt. Die Steuerung der Durchforstungsstärke erfolgt grundflächenorientiert unter Vorgabe von verschiedenen Zielbestockungsgraden. Das Simulationsende wird bei einer Umtriebszeit von 120 Jahren erreicht.

Die bisherigen Arbeiten haben sich entweder mit einer sehr speziellen Waldaufbauform beschäftigt oder aber nur mit einer Baumart auf Landesebene, mit besonderen Schwierigkeiten bei der realitätsgerechten Ableitung der naturalen Startgrößen. Eine betriebliche Sichtweise wird primär von KNOKE (1998) realisiert, von ĎURSKÝ (1999) aufgegriffen und umfassender dargestellt.[206]

4.4.3 Modellgrenzen und Erwartungen an ein waldwachstumskundliches Prognoseprogramm

Die Wahl eines geeigneten Wachstumssimulators als zu integrierende, extern geschaffene Modellkomponente ist Voraussetzung für die Realisierung des in Abschnitt 4.1[207] vorgestellten Gesamtmodells.[208] Wesentliche Einschränkungen des Modelleinsatzes ergeben sich aus den Parametrisierungsgrundlagen. Das Datenmaterial stammt je nach Modellfunktion aus unterschiedlichen Quellen (KAHN u. PRETZSCH, 1998b). Wichtige Grundlage zur Schätzung

[205] Weitere Einzelheiten zu den Pflegemodellen sind in DENSBORN (1999a: *S. 73f.*) zu finden.
[206] Die Untersuchung von HANEWINKEL bezieht sich hingegen auf das gesamte Wuchsgebiet *„Schwarzwald“* (HANEWINKEL, 1998: *S. 88*).
[207] Siehe hierzu S. 59.
[208] Vgl. Abbildung 8, S. 60.

von Höhen- und Durchmesserzuwächsen werden u. a. auf den langfristigen Versuchsflächen des Münchener Lehrstuhls für Waldwachstumskunde erhoben.[209]

HANEWINKEL (1998) betont, dass auch bei gleichbleibenden Ausgangsbedingungen und Behandlungsprogrammen die Fortschreibungsergebnisse variieren. Ursächlich sind stochastische Beziehungen im Durchforstungs- und Mortalitätsmodell, die dazu führen, dass der Ausscheidungszeitpunkt eines Baumes bei unterschiedlichen Simulationsläufen schwankt. Sowohl HANEWINKEL (1998) als auch DENSBORN (1999a) begründen ihre Forschungsergebnisse auf der Basis eines Simulationslaufes.

Mit der Modellvalidierung hat sich POMMERENING (1998a, b, 1999) sehr umfassend beschäftigt. Ausgangspunkt ist die Hypothese, dass die bisher im Modell verwendeten Verfahren zur Reproduktion von Bestandesstrukturen durch die räumlichen Strukturinformationen, wie diese z. B. aus Stichprobeninventuren gewonnen werden, verbessert werden können. Zur Abschätzung der Fehler,[210] die bei der Verwendung von Stichprobendaten zur Strukturrekonstruktion auftreten können, sind zwei Ansätze möglich. Der erste Ansatz versucht die Reproduktionsergebnisse anhand von Versuchsflächendaten zu validieren. Als Resümee dieser Validierungsbemühungen hält POMMERENING (1998b: *S. 153*) fest: *„Die Ergebnisse belegten, dass der heuristische Ansatz die Waldstruktur wesentlich besser abbildete als Verfahren, die den Inventurdaten keine Strukturinformationen entnehmen. Es lohnt sich also, direkt Inventurrohdaten für die Reproduktion zu erschließen.“*

Mit dem zweiten Ansatz vergleicht POMMERENING (1998b) die Reproduktionsergebnisse der Inventurschnittstelle mit den Startstrukturen, die durch den Strukturgenerator auf der Basis von Stratenmittelwerten erzeugt werden.[211] Vergleichsgröße zur Beurteilung der beiden Reproduktionsverfahren ist der relative Standardfehler für die Zielgrößen aus den Bereichen Ertragskunde, Ökologie und Ökonomie bezogen auf die Gesamtbetriebsfläche. Die Ergebniszusammenfassung kann lauten: Der Standardfehler des ausscheidenden Bestandes ist wesentlich höher als der des verbleibenden Bestandes. Ein grundlegender Unterschied zwischen den Reproduktionsansätzen ist nicht zu erkennen.

Neben der bereits erfolgten Gegenüberstellung der Inventurschnittstelle und des Strukturgenerators STRUGEN und einer ersten Modellvalidierung sind auch die Validierungsergebnisse

---

[209] Ergänzend zu den Versuchsflächen in Bayern, gehören ebenfalls Versuchsflächen in Rheinland-Pfalz und Niedersachsen zum Versuchsflächennetz des Münchener Lehrstuhls für Waldwachstumskunde.

[210] POMMERENING (1998a) unterscheidet hierbei zwischen den Stichproben- und Nichtstichprobenfehlern sowie dem Reproduktions- und Fortschreibungsfehler.

[211] Als Wiederholungszahlen wurden 10 und 30 Durchläufe angesetzt. Die Fortschreibungsperiode beträgt 45 Jahre.

des gesamten Prognosemoduls von großem Interesse. KAHN u. PRETZSCH (1998b) weisen ausdrücklich darauf hin, dass für einen erfolgreichen Einsatz von *SILVA* für weiterführende Untersuchungen insbesondere der Prognosefehler für die Schätzung des Volumenzuwachses entscheidend ist. Die Autoren zeigen, dass nach einer Adjustierung der Modellfunktionen der Fehler für Bestandeskollektive und langen Bezugszeitraum zwischen 1,3 % und 3,6 % liegt. Für Einzelbestände steigen die Prognosefehler deutlich an. Werden statt Bestandesmittelwerten Informationen aus Stichprobeninventuren als Startwerte für die Zuwachsprognose verwendet, könnte die Zuwachsschätzung nach Aussage der Autoren erheblich verbessert werden. Außerdem wäre dadurch eine Regionalisierung der Modellfunktionen über die aktuelle Parametrisierungsgrundlage hinaus möglich.

4.4.4 Regressionsanalyse mit Wachstumsfunktionen

Regressionsmethoden sind in der ertragskundlichen Forschung weit verbreitet, werden für den Ausgleich von Wachstumsabläufen verwendet und sind maßgebliche Modellgrundlage bei der Konstruktion von Ertragstafeln (REIMEIER, 2001; REIMEIER u. KENNEL, 2001). Der Ausgleich, der an den einzelnen Stichprobenpunkten gemessenen Oberhöhen und die Beschreibung der Altershöhenentwicklung für unterschiedliche Standorte, erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls durch einen regressionsanalytischen Modellansatz.[212]

Werden Wachstumsfunktionen als Regressionsfunktionen benutzt,[213] können nach WENK et al. (1990) entscheidende Mängel multipler Regressionsfunktionen behoben werden. Der Einsatz von Wachstumsfunktionen besitzt ein besseres Ausgleichs- und Extrapolationsvermögen, da Wachstumsfunktionen *„vorhandene Erkenntnisse über Wachstumsverläufe in der Gestalt der mathematischen Formel schon berücksichtigen“* (WENK et al., 1990: *S. 24*). Die Wahl (mehrfach) linearer Regressionsmodelle als Abhängigkeitsmodell hat allerdings auch einige Vorteile. Zum einen kann auf eine abgeschlossene Theorie der linearen Regression zurückgegriffen werden, zum anderen lassen sich die Modellparameter leichter interpretieren und mit statistischen Tests überprüfen (NOLLAU, 1979; MYERS, 1990).[214] Diese Interpretationsmöglichkeit der Parameter geht bei der nichtlinearen Regression teilweise verloren. WENK et al. (1990) weisen darauf hin, dass bei einigen nichtlinearen Funktionen bei verschiedenen Parameterkombinationen annähernd gleiche Kurvenverläufe erzeugt werden können. Diese eingeschränkte Stabilität der Parameterschätzung schließt eine sinnvolle Parameterinterpretation aus. Zur Beschreibung der Höhenwachstumsentwicklung in Abhängigkeit vom Alter

[212] Vgl. Abschnitt 4.4.4, S. 89.
[213] Die Wachstumsfunktionen sind in die Modellgruppe der nichtlinearen Regressionen einzuordnen.
[214] Vgl. BECHER (1999: *S. 172*).

können Altershöhenkurven aus unechten Zeitreihen bestimmt werden (GADOW, 1999).[215] Altershöhenkurven sind folglich Wachstumsfunktionen, die alle Eigenschaften eines Wachstumsgesetzes aufweisen müssen (HRADETZKY, 1972).

Zur Modellierung der Altershöhenentwicklung können zahlreiche Wachstumsfunktionen[216] genutzt werden (KAHN, 1994a), die überwiegend nichtlinearen Charakter haben. In der Biometrie lassen sich viele nicht lineare Funktionen mit dem Vorteil einer einfacheren Prüfstatistik durch Logarithmierung linearisieren. Die Ableitung linearer Systeme hinsichtlich der Parameter ist mit einigen Vorteilen verbunden. Durch logarithmische Transformation kann bei biologischen Messwerten häufig ein besserer Ausgleich als bei nicht transformierten Messwerten erzielt werden (HRADETZKY, 1972). Einige mathematisch-statistische Prüfverfahren können nur bei Linearität bzw. Quasi-Linearität angewendet werden. Für nichtlineare Zusammenhänge erhöht sich der statistische Prüfaufwand erheblich (BORTZ, 1999).

Ein Ansatz, der speziell für das Höhenwachstum Gültigkeit beansprucht,[217] ist die Funktion von BACKMAN (1942). Als Zuwachsfunktion lässt sich der Verlauf als Parabel im doppel-logarithmischen Koordinatensystem darstellen. Nach HRADETZKY (1972) kann auch diese Zuwachsfunktion in deren aufsteigenden Teil Wachstumsprozesse gut wiedergeben. ASSMANN u. FRANZ (1972) verwenden die BACKMAN-Funktion [5] zur Konstruktion der bayerischen Fichtenertragstafel. Die Gleichung [5] kann auch in der Basis *e* geschrieben werden (PRODAN, 1961).

$$\log h_{100} = a_0 + a_1 * \log t + a_2 * \log^2 t$$

[5]

$$\ln h_{100} = a_o + a_1 * \ln t + a_2 * \ln^2 t$$

- h_{100}: *Oberhöhe*
- t: *Alter*
- a_0 *bis* a_2: *Regressionskoeffizienten*

Von BECHTER (1977) wird die Gleichung [5] verwendet, um die Oberhöhenentwicklung auf unterschiedlichen Standorten in Südwestdeutschland zu untersuchen.[218] Ein wesentlicher Vorzug der BACKMAN'schen Funktion besteht in der Linearität der Parameter. Zur paarweisen Prüfung auf signifikante Unterschiede bei der Oberhöhenentwicklung auf unterschiedlichen Standorten verwendet BECHTER (1977) die Kovarianzanalyse. Dieses multivariate Verfahren ist eine Kombination aus Varianz- sowie Regressionsanalyse. Als Voraussetzungen für die

[215] Auf die grundsätzliche Problematik dieser statischen Betrachtung wird von WENK et al. (1990: *S. 30*) ausdrücklich hingewiesen.
[216] Vgl. WENK et al. (1990: *S. 32ff.*) und KRAMER (1988: *S. 49ff.*).
[217] Vgl. ASSMANN (1961: *S. 42*).
[218] BECHTER (1977) verwendet lediglich den natürlichen Logarithmus.

Kovarianzanalyse gelten im Prinzip die Gleichen wie bei der Varianzanalyse. Zusätzlich ist die lineare Regression Mittel der Wahl. Die Fragestellung, die mit der Kovarianzanalyse beantwortet werden soll, lautet:
Unterscheidet sich die Altershöhenentwicklung auf unterschiedlichen Standorten signifikant?

Für zwei deutlich unterschiedliche Standorte liegen jeweils Stichproben mit *M* und *N* Oberhöhenmessungen in Beständen unterschiedlichen Alters vor. Abhängige Variable ist die Oberhöhe. Die jeweilige Standortsgruppe ist eine unabhängige nominalskalierte Variable, die auch als Faktor bezeichnet wird. Die beiden Faktorstufen lassen sich mit *„guter Standort“* sowie *„schlechter Standort“* beschreiben. Das Alter ist die Kontrollvariable bzw. Kovariante.

Als weitere bewährte mathematische Funktion nennt BÖCKMANN (1990) die Wachstumsfunktion von MITSCHERLICH. Zum Ausgleich der älteren Ertragstafeln zugrunde liegenden Höhenentwicklungen verwendet NAGEL (1999a) einen multiplen Regressionsansatz [6].

$$h_0(t) = hb_0 + hb_1 * \ln(t) + hb_2 * \ln^2(t) + hb_3 * h_{bon} + hb_4 * h_{bon} * \ln(t) \qquad \textbf{[6]}$$

- h_o: *Oberhöhe im Alter t*
- h_{Bon}: *Spitzenhöhe der absoluten Bonität im Alter 100*
- hb_0 *bis* hb_4: *Regressionskoeffizienten (NAGEL, 1999a: S. 26)*

Bei der Erstellung einiger neuerer Ertragstafeln wird die Oberhöhentwicklung in Bezug auf SLOBODA (1971) mit dem WOLF'schen Richtungsfeld[219] beschrieben (NAGEL, 1985; BÖCKMANN, 1990; RÖÖS, 1990). Für die Wachstumsmodellierung der Roteiche verwendet NAGEL (1994) eine modifizierte CHAPMAN-RICHARDS-Funktion. Die CHAPMAN-RICHARDS-Funktion nach Gleichung [7] wird auch im Wachstumssimulator *SILVA* ab der Version *2.2* zur kleinstandörtlichen Adjustierung des Simulationsprogramms verwendet. DENSBORN (1999a) leitet für die Untersuchung einer Kiefernbetriebsklasse die Funktionsparameter aus der ertragstafelmäßigen Höhenentwicklung ab.

$$h_0(t) = A * \left(1 - e^{-k*t}\right)^p \qquad \textbf{[7]}$$

- h_o: *Oberhöhe im Alter t*
- *t: Alter*
- *A, k, p: Regressionskoeffizienten*

[219] Vgl. SLOBODA (1971: *S. 18–54*).

4.4.5 Bewirtschaftungskonzepte und Durchforstungsstrategien

Zur Sicherung des betrieblichen Erfolgs sind neben fundierten Informationen über das Bestandeswachstum unter Aufgabe der Standortskonstanz (STERBA, 1997) auch gezielte Informationen zu den Auswirkungen betrieblicher Bestandesbehandlungen auf Zuwachs, Holzsortimente sowie die Finanz- und Vermögenslage notwendig. Erste Hinweise zur Abgrenzung und Konkretisierung des waldbaulichen Handlungsrahmens liefert die Analyse der Stichprobenerhebung selbst. Inwieweit die Stratifizierungseinheit nicht nur als Strukturinformationsträger genutzt wird, sondern auch als Träger des Behandlungskonzeptes gelten kann, zeigt ĎURSKÝ (1998).[220] Aus den Ergebnissen von Stichprobeninventuren lassen sich durch Altersreihenbildung Hinweise über die bisherige waldbauliche Behandlung entnehmen. Wenn die mittlere Grundflächenhaltung oder die Vorrats- und Stammzahlentwicklung über dem Alter beschrieben werden, wird ein retrospektiver Einblick in die Bewirtschaftung erlangt. Die Verwendung von Wuchsreihen, bei denen das räumliche Nebeneinander als zeitliches Nacheinander beschrieben wird, ist bei sich ändernden Rahmenbedingungen und wechselnden Pflegekonzepten allerdings eingeschränkt.

Zusätzlich lassen sich Orientierungsgrößen für die Simulation von Pflege- und Eingriffsvarianten aus allgemein zugänglichen oder bereits betrieblich spezifizierten waldbaulichen Behandlungsstrategien,[221] Behandlungsprogrammen[222] und Produktionsmodellen[223] ableiten (KLÄDTKE, 1993). Die begriffliche Reihung beinhaltet eine zunehmende Verschiebung von einer rein verbal-semantischen Beschreibung hin zu einer quantitativ-nummerischen Darstellung waldbaulicher Handlungsprämissen. Der größte Detaillierungsgrad und die für eine Modellierung notwendige Operationalisierung allgemein formulierter Produktionsstrategien wird durch den Entwurf von Produktionsmodellen erreicht.

4.4.5.1 Produktionsmodelle und waldbauliche Modelldatenbank

Im Gegensatz zu Wachstumsmodellen sind Produktionsmodelle durch ein Nacheinander von Maßnahmen der Standraumregulierung gekennzeichnet, mit deren Hilfe das Wachstum von Bäumen und Beständen auf ein bestimmtes Produktionsziel gesteuert wird (STRÜTT, 1991). Der Begriff *„Behandlungsprogramm“* umfasst und beschreibt gegenüber dem Produktionsmodell nur die einzelne Bewirtschaftungsmaßnahme wie Jungwuchspflege, Jungbestandspflege oder Durchforstung, die eine zeitliche Strukturierung und Phasenabfolge des Produktionsmodells ermöglicht.

---

[220] Vgl. Abschnitt 4.4.2.2.2.2, S. 84.
[221] Waldbaurichtlinien, Produktionsstrategien, i.w.S. Betriebszieltypen.
[222] Pflegeregime, Pflegeprogramme, i.e.S. auch Durchforstungs-(Verjüngungs-)konzept, Durchforstungs-(Verjüngungs-)methode, Durchforstungs-(Verjüngungs-)art.
[223] Behandlungsmodell, i.e.S. auch Durchforstungs- oder Verjüngungsmodell.

Zu den Elementen eines Produktionsmodells gehören nach JOHANN u. POLLANSCHÜTZ (1980):[224]

- Ausgangspflanzenzahl
- Maßnahmen der Baumzahlverminderung
  - Jungbestandspflege
  - Durchforstung nach Art, Beginn, Wiederkehr und Stärke
- Endbaumzahl bzw. Zahl der ausgewählten und geförderten Z-Bäume

Zur operationalen Formulierung von Produktionsmodellen gehören zusätzlich Verjüngungsziele, Bestandesentwicklungsziele und technische Produktionsziele. Zur Festlegung von Bestandesentwicklungszielen sind vor allem h/d-Leitlinien und eingeschränkt Baumzahlleitkurven geeignet. SCHOBER (1987)[225] weist allerdings darauf hin, dass bei neueren Durchforstungskonzepten eine zu enge Orientierung an den Baumzahlleitkurven den Eigenarten einzelner Bestände nicht angepasst ist.[226]

Als wichtige Beispiele für Instrumente waldbaulicher Planung gelten seit langer Zeit Betriebszieltypen[227] (BZT). Mit häufig sehr detaillierten Aussagen über Pflanzenzahl, Mischungsanteile, Umtriebszeiten und Produktionsziele können Betriebszieltypen als operationalisierte Behandlungsprogramme gelten. Wird zusätzlich z. B. für die Auslesedurchforstung als Durchforstungsart ein stammzahl- oder grundflächenorientierter Handlungsrahmen ergänzt, ist ein nahezu geschlossen beschriebenes Produktionsmodell vorgegeben. Allerdings liegt gerade darin die Kritik an den Betriebszieltypen begründet, die in deren Konsequenz zur Entwicklung von Waldentwicklungstypen führte. Nach der gegebenen Definition sind die Mittel- und Summenwerte der Ertragstafeln und deren zeitliche Abfolge als Produktionsmodelle beispielsweise für das Behandlungsprogramm *„mäßige Niederdurchforstung"* mit dem Produktionsziel *„möglichst hoher Massenleistung"* zu interpretieren.

Langfristig werden EDV-basierte Wuchsmodelle die klassischen Ertragstafeln ersetzen (JÜNEMANN, 1995). Mit der Ablösung der Ertragstafeln durch positionsabhängige Einzelbaummodelle erhält die forstliche Praxis ein Managementinstrument, das auf unterschiedlichen Ebenen das Informationsangebot zur betrieblichen Steuerung erhöhen und verbessern kann (PRETZSCH et al., 1998; ZIEGELER, 2001a, b; LOY u. UTSCHIG, 2001). Ergänzend zu den

[224] Zitiert in STRÜTT (1991: *S. 74*).
[225] Zitiert in SPELLMANN u. NAGEL (1996: *S. 8*).
[226] Vgl. SCHOBER (1988).
[227] KRAMER (1985) definiert den BZT als *„(...) eine technisch-waldbauliche Zielsetzung auf standörtlicher, betriebswirtschaftlicher (...) Basis für den Einzelbestand."* In vergleichbarem Kontext finden sich auch die Begriffe Bestandeszieltyp oder Bestockungszieltyp.

bereits oben in Abschnitt 4.4[228] geäußerten Einschränkungen zur aktuellen Verwendbarkeit von Ertragstafeln ist Folgendes zu beachten:

Jeder Ertragstafel ist ein festgelegtes Durchforstungsprogramm hinterlegt. Als Modell für eine von der Tafel abweichende waldbauliche Norm, ist eine spezielle Ertragstafel nur begrenzt einsetzbar. Darüber hinaus ist die Anzahl der Durchforstungsprogramme begrenzt, für die bereits Ertragstafeln vorliegen. Als Reinbestandsertragstafeln konzipiert, sind diese außerdem für Mischbestände weniger gut geeignet. Somit ermöglichen positionsabhängige Einzelbaumwachstumsmodelle zum einen eine verbesserte Prognose des Baum- und Bestandeswachstums für Misch- und Reinbestände, zum anderen können mit ihnen sehr flexibel unterschiedliche waldbauliche Behandlungen simuliert werden (PRETZSCH, 1997). Erst dadurch wird die von v. GADOW (1996) als zentrale Aufgabe der Planung wahrzunehmende simulative Darstellung und Bewertung verschiedener Entwicklungen möglich.

Die forstliche Praxis erwartet speziell für die Durchforstungs- und Verjüngungsphase Entscheidungshilfen und Planungsempfehlungen. Durchforstungen inkl. Zielstärkennutzungen sind bis zum Beginn des Generationenwechsels durch Verjüngungsmaßnahmen auf die Bestandessicherheit und die wertmäßige Entwicklung des Einzelbaumes ausgerichtet. Gerade in der Möglichkeit zur Szenarioanalyse der Naturalproduktion (ĎURSKÝ, 1999) durch eine flexible Auswahl der Durchforstungsstrategien liegt ein entscheidender Vorteil der Wachstumssimulatoren gegenüber klassischen Ertragstafeln. Anhand von vergleichenden Prognoseläufen kann für dieselbe Bestockungssituation mit Durchforstungsstrategien experimentiert und unterschiedliche Maßnahmen hinsichtlich deren waldbaulichen und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen überprüft und analysiert werden.

4.4.5.1.1 Modellierung der Bestandespflege

Als Zusatzmodul für den Einzelbaumsimulator *SILVA* wurde von KAHN (1994b, 1995a, b) ein Durchforstungsmodell konzipiert. Inzwischen enthält der Wachstumssimulator *SILVA* eine Vielzahl von Durchforstungsroutinen (ĎURSKÝ, 1999). Mit den Modellerweiterungen zur Nachbildung des Verjüngungsprozesses wird inzwischen auch versucht, die Bestandesdynamik in der Phase des Generationswechsels wirklichkeitsnäher darzustellen (PRETZSCH, 2000).

Wichtiges Ziel bei der Weiterentwicklung des Durchforstungsmodells ist nach KAHN (1994b) die Optimierung von Durchforstungseingriffen. Als mögliche Optimierungskriterien werden eine Maximierung des laufenden Grundflächenzuwachses oder der Diversität genannt. Einschränkend wird darauf hingewiesen, dass Heuristiken zur Ableitung guter Lösungen eher

[228] Siehe hierzu S. 70.

geeignet sein könnten. Mögliche heuristische Strategien zur Ableitung ziel- und situationskonformer Produktionsmodelle sind Induktion und Variation. Allerdings ist die heuristische Suche nur in einem begrenzten Zustandsraum sinnvoll, da die natürlichen Grenzen des zu untersuchenden Systems das Entscheidungsfeld bereits erheblich einschränken. Über die Steuerungsgrößen Durchforstungsart, -häufigkeit und -stärke lassen sich durch den Vergleich *„multipler Eingriffsfolgen“*[229] typenweise Produktionsmodelle sukzessive eingrenzen, die zum einen der betrieblichen Zielkonstellation gerecht werden und zum anderen von einer realistischen naturalen Basis getragen werden. Nach BITTER (1998a) verspricht ein derartiger Planungsablauf fundiertere Ergebnisse als diese im Rahmen einer klassischen waldbaulichen Einzelplanung bei der Verwendung deduktiver ertragstafelorientierter Wuchsmodelle und unpräziser Bestandesdaten zu erzielen sind.

In der einschlägigen Literatur werden vielfältigste Durchforstungsempfehlungen angeboten und diskutiert. Die ökonomische Zielebene wird dabei häufig nur am Rande einbezogen bzw. ist im Zielbündel untergewichtet. Dementsprechend wird von DUFFNER (1999) festgestellt, dass es kaum betriebswirtschaftliche Untersuchungen gibt, die die Frage nach optimalen Produktionsstrategien für unterschiedliche wirtschaftliche Zielsetzungen beantworten.

4.4.5.1.2 Steuerung der Bestandespflege im PSM[230]

Die modell- und datenstrukturelle Umsetzung der waldbaulichen Handlungsoptionen erfolgt durch die Anlage einer eigenen Modelldatenbank, in der gängige Produktionsmodelle hinterlegt werden können. Über ein Dialogsystem können die Urdaten interaktiv verändert werden. Diese Größen werden anschließend an die zwei Steuerdateien [*.pgn, *.dfo] von *SILVA* übergeben und für einen Prognoselauf verwendet. Das in dieser Untersuchung gewählte Verfahren bietet somit einen unmittelbaren Bezug zu anerkannten Produktionsmodellen, auf die für Simulationen als Basismodelle zurückgegriffen werden kann.

Zu Simulationsbeginn kann das deduktive Produktionsmodell in der Modelldatenbank als Bezugsrahmen akzeptiert werden. Anschließend wird das Modell mit der typenweise generierten Bestockungssituation abgeglichen und unter Nutzung möglicher Freiheitsgrade angepasst. Die betriebliche Adaption anerkannter Produktionsmodelle durch Berücksichtigung der konkreten Entscheidungssituation führt durch Rückkopplungsprozesse insgesamt zu einem Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Gültigkeit der deduktiven Modellbasis.

---

[229] Vgl. v. GADOW (1996: *S. 92*).
[230] Zum Planungs- und Simulationsmodell (PSM) siehe auch Abschnitt 4.1 und Abbildung 8, S. 60.

Nachfolgend wird ein Basismodell auf der Grundlage eines stammzahlorientierten, gestaffelten Produktionsprogramms vorgestellt. ABETZ (1975) formuliert 5 Fixpunkte, die den Verlauf der Baumzahlleitkurve maßgeblich bestimmen. Im Einzelnen sind dies für Fichtenbestände:[231]

- Endbaumzahl
- Entscheidende Durchforstungseingriffe und Freistellung der Zukunftsbäume bis zur Mitte der Umtriebszeit
- Beibehaltung einer bestimmten Baumzahl in der Stangenholzphase
- Stammzahl im Jungbestand so wählen, dass bei der notwendigen ersten Durchforstung vermarktungsfähige Dimensionen anfallen
- Pflanzenzahl bei der Bestandesbegründung

Die Tabelle 4 zeigt das Beispiel einer standortsspezifischen Produktionsvariante für Fichtenbestände mit dem Ziel einer risikoarmen Stark- und Wertholzproduktion und Zieldurchmessern von ca. 55 cm bis 70 cm (STRÜTT, 1991: *S. 146*).

Tab. 4*: Beispiele für standortsspezifische stammzahlorientierte Fichten-Produktionsmodelle mit oberhöhengesteuerten Eingriffsintervallen (aus STRÜTT, 1991: S. 146).*

Oberhöhe [h_{200}]	**h/d**[1] A	B	**verbleibende Baumzahl**[2] [ha] A	B	**Maßnahme**	**Erläuterung**
	-	-	1500	3000	Kulturbegründung	Verwendung von möglichst homogenem Pflanzenmaterial
5–7 m	-	-	800	2000	Jungbestandspflege	eventuell Reichhöhenästung auf 2,5 m von maximal 500 Fi/ha in möglichst gleichmäßiger Verteilung
10–12 m	62	80	500	1500	Z-Baumauswahl Auslesedurchforstung	150–300 Fi/ha je nach Bonität und Zieldurchmesser, Entnahme von 1 bis 2 Bedrängern je Z-Baum, eventuelle Ästung der Z-Bäume auf 5 bis 6 m
15–18 m	64	80	350	1000	Auslese-/Niederdurchforstung	Entnahme aller noch verbliebenen starken Z-Baumkonkurrenten, Ästung auf 10 bis 11 m
20–24 m	66	75	150–250	500	Auslese-/Niederdurchforstung	bei geringer Bonität oder hohem Sturmwurfrisiko Absenkung auf Endbaumzahl
25–27 m	63	72	150–250	200/300	Niederdurchforstung	Absenkung auf Endbaumzahl bei besseren Bonitäten und geringem Risiko
33–40 m	55	65	150–250	200/300	Hiebsruhe Umtriebszeit	bis zum Erreichen des Zieldurchmessers im Bereich von 90 bis 130 Jahre

[1] Z-Baum-Mittelstamm
[2] verbleibende Baumzahl nach dem Eingriff
A: geringere Bonitäten, nicht befahrbares Gelände, relativ hohes Produktionsrisiko
B: bessere Bonitäten, befahrbares Gelände, relativ geringes Produktionsrisiko

4.4.5.2 Typenweise Behandlungsprogramme

Die typenweisen Behandlungsprogramme sind integrierter Bestandteil der typenorientierten Kontrollstichprobe[232] und wichtige Modellbausteine zur Erstellung von Typenentwicklungsmodellen (TEM). TEM sind eine typenbezogene Weiterentwicklung der von BITTER (1990)

[231] Die Abfolge der Punkte entspricht der Reihenfolge, wie diese von ABETZ (1975) beschrieben wird.
[232] Vgl. Abschnitt 4.3, S. 62.

formulierten Bestandesentwicklungsmodelle (BEM). Die Bestandesentwicklungsmodelle beschreiben die naturale Entwicklung verschiedener Baumarten, integrieren standortssensitive Risikobelastungen und stellen als Grundlage für Deckungsbeitragsrechnungen eine sehr viel verlässlichere und realistischere Informationsbasis dar, als dies bei Ertragstafel abgängigen Modellkalkulationen der Fall sein kann.

Die Bereitstellung planungsrelevanter Grunddaten erfolgt im vorgestellten Planungssystem durch die Kopplung der während der Stichprobenauswertung ausgewiesenen Typen mit typenweise bestimmten Behandlungsprogrammen. Die Planungsvorgaben für repräsentative Typen können in einem späteren Planungsschritt auf die Einzelbestandsebene heruntergebrochen werden oder als Bezugsgrößen für summarische Planungen dienen. Die Basis für Typenentwicklungsmodelle ist die Berechnung unterschiedlicher Durchforstungsstrategien bzw. Nutzungsszenarien.[233] Diese Konzepte bestimmen nach BITTER (1998b*) „eine exemplarische Entwicklung der zur Typengruppe zählenden Bestände.“*

4.5 Betriebswirtschaftliches Kalkulationsmodell

4.5.1 Das Planungs- und Steuerungsprogramm *thar-get*

Wachstumsmodelle liefern die naturalen Basisdaten, die um die betriebswirtschaftlichen Grunddaten zu ergänzen sind. Der Bedarf nach einer Erhöhung der monetären Transparenz wird von MERKER (1998a) formuliert. Der Betriebserfolg hängt ganz entscheidend davon ab, ob die monetären Konsequenzen von Wirtschaftsmaßnahmen bereits im Vorfeld aufgezeigt werden können. Eine monetäre Bewertung der Naturalplanung stärkt das betriebswirtschaftliche Bewusstsein und verhindert, dass sich das finanzielle Betriebsergebnis als zufälliges Ereignis einstellt. Der Schritt zur Betriebssimulation mit einem leistungsstarken Kalkulationsmodul ist die konsequente Weiterentwicklung dieses Gedankens.

Computerbasierte Waldwachstumsmodelle können standardmäßig monetäre Bewertungsroutinen beinhalten, die unter Einbeziehung von Holzerntekosten und Erlösen zu Wertleistungsanalysen für einzelne Bestände führen (PRETZSCH u. KAHN, 1996). *SILVA* bietet hierzu eine Grundausstattung und erlaubt wie das Programm *HOLZERNTE* die Kalkulation von Kosten- und Erlöswerten. Für die Kalkulationen in der vorliegenden Untersuchung wird ein PC-gestütztes Kalkulations- und Planungsmodell verwendet, das an der Professur für Forsteinrichtung der TU Dresden entwickelt wurde (BITTER, 1998a). Das Programm zeichnet sich aus durch:

[233] Zur Umsetzung dieses Ansatzes für den konkreten Beispielbetrieb siehe die baumartenbezogenen Modellannahmen in Abschnitt 5.5.1.1, S. 178, für die fichtendomienierten Typengruppen und in Abschnitt 5.5.1.2, S. 182, für die buchendominierten Typengruppen.

- Einen modularen Programmaufbau mit unmittelbarer programmtechnischer Anpassungsmöglichkeit.
- Eine flexibel erweiterbare Verfahrensdatenbank mit hoher betrieblicher Anpassungsfähigkeit.
- Eine große Integrationsmöglichkeit über verschiedene Planungsebenen hinweg.

Das Programm *thar-get* erlaubt für die Aufgabenbereiche Verjüngung, Pflege und Holzernte Einzelmaßnahmen als auch typenweise Behandlungskonzepte zu planen und entsprechende Kosten- und Erlöswerte abzuleiten. Die Kalkulationen erfolgen auf Grundlage betriebsindividuell angepasster Stammdaten.

Das System wurde zur Unterstützung der Jahresplanung, der Budgetableitung und der unterjährigen Steuerung für den Einsatz in budgetierten Forstämtern Sachsens entwickelt und kann in verschiedenen Ausprägungen vorliegen, wobei das Basissystem um unterschiedliche Module ergänzt wird. Eine Weiterentwicklung und Ergänzung erlaubt die Verknüpfung mit dem Wachstumsmodell *SILVA*.

4.5.2 Aushaltung und Sortimentierung mit dem Programm *Holzernte*

Für die Holzabsatzgestaltung im Forstbetrieb ist ein detaillierter Sortimentsplan eine wertvolle Orientierungshilfe. Unterschiede in Deckungsbeitragsrechnungen, die verschiedene Pflege- und Aufarbeitungsvarianten vergleichen, können im Wesentlichen durch Menge und Sortimentsverteilung der anfallenden Holzmassen erklärt werden. v. TEUFFEL et al. (2000) zeigen, dass durch eine Vorratsmehrung im Starkholz[234] und hohe Zuwächse bei der Prognose künftiger Nutzungspotenziale für den Staatswald Baden-Württembergs eine Verschiebung der Sortenstruktur zu erwarten ist. Der gegenwärtige Bedarf an mittelstarkem Stammholz sowie eine prognostizierbar steigende Nachfrage durch den weiteren Ausbau der Verarbeitungskapazitäten in diesem Sortimentsbereich ist insbesondere für die Baumart Fichte festzustellen. Die Zukunftsaussichten bei stärkeren Fichtensortimenten werden überaus kontrovers diskutiert und sind speziell in deren Auswirkungen auf waldbauliche Strategien und Zieldurchmesserdiskussionen abzuschätzen (KAISER, 1999). Bei der Buche werden verstärkt Sortimente ab L4[235] nachgefragt, bei schwachen und mittelstarken Sortimenten sind gegenwärtig Absatz- bzw. Preiseinbußen hinzunehmen.

In Zeiten wechselnder Marktverhältnisse bietet es sich an, die Aushaltung und Sortimentsverteilung als eigene Dispositionsgrundlage in Simulationsstudien einzubeziehen (BITTER, 1990). Als Reaktion auf Marktverhältnisse und Käuferwünsche ist eine käuferorientierte Sor-

[234] Vgl. hierzu u. a. MAI (2001) und BROSINGER et al. (2001).
[235] Mittendurchmesser von 40–49 cm.

tierung besonders in schwächeren Dimensionsbereichen gefordert (SCHÖPFER u. STÖHR, 1991). Dafür ist eine variable, den wechselnden Anforderungen hinsichtlich der Ausformungskonditionen gerecht werdende Sortimentsbildung notwendig. Für diese Aufgabe sind gebräuchliche Sortentafeln (SCHÖPFER u. DAUBER, 1989)[236] weniger geeignet. Bestandessortentafeln liefern zwar eine überschlägige Sortimentsaufgliederung von Beständen; es werden die Sortenanteile am Bestandesvolumen für Stammholz, Industrieholz (lang), Schichtholz, X-Holz und für nichtverwertbares Derbholz[237] angegeben. Flexible Änderungen der Sortenwahl und -aushaltung sowie der Güteanteile, die im Rahmen von Simulationsläufen Hinweise auf die Wirkungen von alternativen Aushaltungsvarianten auf die Holzerlöse erbringen sollen, können jedoch nur mit computergestützten Anwendungssystemen rationell erfolgen.

Das Programmpaket *HOLZERNTE* der FORSTLICHEN VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG (1998) bietet eine leistungsfähige Entscheidungshilfe zur Sortimentskalkulation von Einzel- oder Modellhieben. Erklärtes Ziel der Programmentwicklung ist die Integrationsmöglichheit in bestehende Management-Informations-Systeme. Dieser Zielstellung folgend, ist das Programm modular aufgebaut.

4.5.2.1 Programmmodul zur flexiblen Aushaltung und Sortierung

Mit dem Programm *HOLZERNTE* in der Version 5.0 steht ein neuentwickeltes Modul für die Serienberechnung von Hieben zur Verfügung (HRADETZKY u. SCHÖPFER, 2001), das sich für den eigenen Ansatz nutzen lässt. Mit dem Programmmodul können gegenüber der Vorgängerversion zusätzlich zu einer Einzelbestandesauswertung auch Hiebsserien z. B. über eine gesamte Bestandesgeneration hinweg berechnet werden. Die Kalkulationsgrundlage eines Bestandesaushiebs, der sich für eine spezielle Behandlungsstrategie ergibt, kann durch alternative Pflegekonzepte und korrespondierende Aushiebsvarianten beliebig erweitert werden. Wenn für die Aushiebsvarianten, die sich hinsichtlich der waldbaulichen Behandlung über das Bestandesleben unterscheiden, im *HOLZERNTE*-Programm unterschiedliche Modellhiebe mit definierter Aushaltungs- und Sortimentsstruktur hinterlegt werden, können eine große Anzahl an Simulationsvarianten in einem Zuge berechnet werden. Dadurch ist es möglich, die Auswirkungen verschiedener Kombinationen von waldbaulicher Behandlung und Holzverwertung hinsichtlich deren Ergebnisrelevanz zu untersuchen.

---

[236] Bestandessortentafeln von SCHÖPFER u. DAUBER (1989) liegen für die Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Buche und Eiche vor. Tanne und Douglasie werden nach Fichte, sonstige Laubbaumarten nach Buche sortiert (MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1993).

[237] Nichtverwertetes Kronenderbholz, dessen *„Anteil hängt im wesentlichen vom Aufarbeitungszopf ab, der in der Praxis in Abhängigkeit von der Marktsituation Holzmarkt regional und baumartenweise erheblich variieren kann“* (SCHÖPFER u. DAUBER, 1989: *S. 13*).

Aus dem differenzierten und umfangreichen Leistungs- und Funktionenumfang des Programms werden für das konzipierte Planungsmodell einige Kernfunktionen in Form der Aushaltungs- und Sortierungsfunktion benötigt. Die Sortierungsergebnisse lassen sich anschließend im Kalkulationsprogramm (Abb. 8, S. 60 und Abb. 13, S. 115) für weitere Erlösberechnungen nutzen. Als Alternative zu standardisierten Bestandessortentafeln oder einer vereinfachten Sortenschätzung über den Mittelstamm des Aushiebs wird mit *HOLZERNTE „(...) die flexible verteilungsorientierte Sortierung von Einzelbäumen auf der Grundlage einer differenzierten Güte- und Schadansprache des stehenden Aushiebs und der Aushaltungskriterien der gewünschten Sorten“* ermöglicht (SCHÖPFER et al., 1996: *S. 460*). Unabhängig von den weiteren Funktionen des Programms ist mit der Möglichkeit zur hiebsindividuellen Sortenaufgliederung eine Fehlerquelle für unzutreffende Deckungsbeiträge entschärft, die sich bei den bisherigen Sorteneinschätzungen ergab. Die Möglichkeit zu alternativen Modellrechnungen lässt den Sortierteil insgesamt zu einem wichtigen Programmmodul zur optimalen Steuerung der Holzausformung werden (SCHÖPFER et al., 1996).

4.6 Investitionstheoretisches Bewertungsmodell

Investitionen in die Waldbestände eines Forstbetriebes sind die entscheidende Basis für die künftige Ertragskraft. Fehlinvestitionen können die Kosten- und Ertragslage nachhaltig beeinflussen und sogar erhebliche Kapitalverluste nach sich ziehen. Eine nachträgliche Korrektur einer einmal getroffenen Entscheidung ist bei den sehr langen Produktionszeiträumen in der Forstwirtschaft kaum möglich. Durch Verfahren der Investitonsrechnung[238] (Abb. 12) kann allerdings eine Entscheidungshilfe geschaffen werden, um die Sinnhaftigkeit einer Investition beurteilen und dokumentieren zu können (SCHREUDER, 1968; GRUNDY, 1986; GHEBREMICHAEL et al., 1996).[239] Die im Laufe der vorliegenden Arbeit für den Untersuchungsbetrieb entwickelten naturalen Entwicklungsvarianten lassen sich aus diesem Grund durch investitionstheoretische Verfahren zusammenfassend bewerten und die abschließende Auswahl einer Behandlungsalternative kann anhand nachvollziehbarer Kriterien abgesichert werden.

RIPKEN (1997) unterstreicht, dass in der Bundesrepublik im Gegensatz zu anderen Ländern in und außerhalb Europas ökonomische Kriterien im öffentlichen Wald lange Zeit vernachlässigt worden sind. Gleichzeitig wird festgestellt, dass eine defizitäre Forstwirtschaft, die die öffentlichen Kassen zusätzlich belastet, auf politischen Druck nur durch gesteigerte Wirtschaftlichkeitsüberlegungen reagieren kann. Nach SCHREYER (1995) sind Investitionsentscheidungen über die Baumartenwahl mit großer Unsicherheit behaftet. Ein Baumartenwechsel, der mit einem vorübergehenden Ertragsverzicht und erst künftig höheren Erträgen

[238] Häufig wird auch der Begriff *„Wirtschaftlichkeitsrechnung“* verwendet.
[239] Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist zu beachten, dass auch weiterhin Unsicherheiten bestehen bleiben.

verbunden ist, sollte mit dynamischen Investitionsrechnungen abgesichert werden. So ließen sich Grenzwerte für Mehrkosten finden, die durch die Begründung von Alternativbestockungen statt der Beibehaltung der bisherigen Baumartenmischungen entstehen. Als Kalkulationszins nimmt SCHREYER (1995) einen maximalen Wert von 1 % an.[240] BITTER u. MERREM (1998b) haben zur Beurteilung von Fragen des Vertragsnaturschutzes unterschiedliche Baumartenkombinationen miteinander verglichen und die Zahlungsreihen mit unterschiedlichen Zinssätzen diskontiert. Als Ergebnis konnten die vom Betrieb aufzubringenden Mehrkosten, die durch eine veränderte und naturschutzorientierte Baumartenwahl gegenüber der eigentlichen betrieblichen Präferenzvariante entstehen würden, ermittelt werden.

Mit dem Verfahren der Investitionsrechnung werden anhand bekannter bzw. zu erwartender Zahlungsströme Kennzahlen ermittelt, die Investitionsentscheidungen stützen sollen (GUNTER u. HANEY, 1984; KRISTRÖM, 1990; FILIUS, 1992). Neben den statischen Verfahren trägt insbesondere die zweite Gruppe der dynamischen Modelle der Tatsache Rechnung, dass der zeitliche Anfall von Ein- und Auszahlungen den Wert von Erfolgsgrößen erheblich beeinflusst (BLOHM u. LÜDER, 1995). Zu den wichtigen Kenngrößen gehören der Kapitalwert, die Amortisationsdauer, der interne Zinsfuß und die Annuität. Im Folgenden sollen, ausgehend von der allgemeinen Definition des Kapitalwertes und des internen Zinssatzes, weitere Verfahren sowie forstlich relevante Anwendungen, die auf beiden Ansätzen beruhen, zusammenfassend vorgestellt werden.

Um der Unsicherheit speziell auf der Erlösseite Rechnung zu tragen, sind Investitionskalküle sinnvollerweise um Sensitivitätsanalysen zur Modellierung verschiedener Zukunftsszenarien zu ergänzen (ENGELHARD u. ANDERSON, 1983).[241]

Ein Beispiel für Konzeption und Umsetzung einer investitionstheoretisch gestützten Planungshilfe ist das vom USDA-Forst-Service entwickelte Programm *QUICK-SILVER* (VASIEVICH et al., 1982; VASIEVICH, 1998, 2000). Weitere EDV-basierte Ansätze finden sich bei BROOKS et al. (1984), PAYANDEH et al. (1991), PAYANDEH u. DUKES (1994), SCHUSTER u. ZUURING (1994), HANSEN u. PALMER (1997, 1999) und FIGHT u. CHMELIK (1998).

4.6.1 Investitionsrechnung sowie deren forstliche Bedeutung

Die Investitionsentscheidungen eines Unternehmens haben großen Einfluss auf seine künftige Gewinnsituation. Das gilt auch für Forstbetriebe, wenn die Aufwendungen für Bestandesver-

[240] MOOG (1993: *S. 71*) begründet die Entscheidung für einen Kalkulationszinsfuß zwischen 1 % und 3 % mit den *„erfahrungsgemäß eher bescheidenen"* Rentabilitätszielen der Waldbesitzer.

[241] Zu den theoretischen Grundlagen siehe auch Abschnitt 2.3.3.1.2.1, S. 26.

jüngung und Bestandespflege als Investitionen aufgefasst werden. Unterschiedliche Verfahren der Investitionsrechnung unterstützen die Entscheidungsfindung durch die Ableitung entscheidungsrelevanter Kennzahlen.

Nach den entsprechenden Vorgaben des betrieblichen Zielsystems, insbesondere in Abhängigkeit von den monetären Zielvorstellungen des Eigentümers, können Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung geeignete Entscheidungshilfen bereitstellen. Im Rahmen der dynamischen Investitionsrechnung werden die Zahlungsströme in Form von Aus- und Einzahlungen unter Berücksichtigung des Zeitpunktes, zu dem diese anfallen, durch die Ableitung entsprechender Kennziffern bewertet. Für die Auswahl alternativer Investitionsprojekte können verschiedene investitionstheoretische Kennzahlen als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden (Abb. 12).

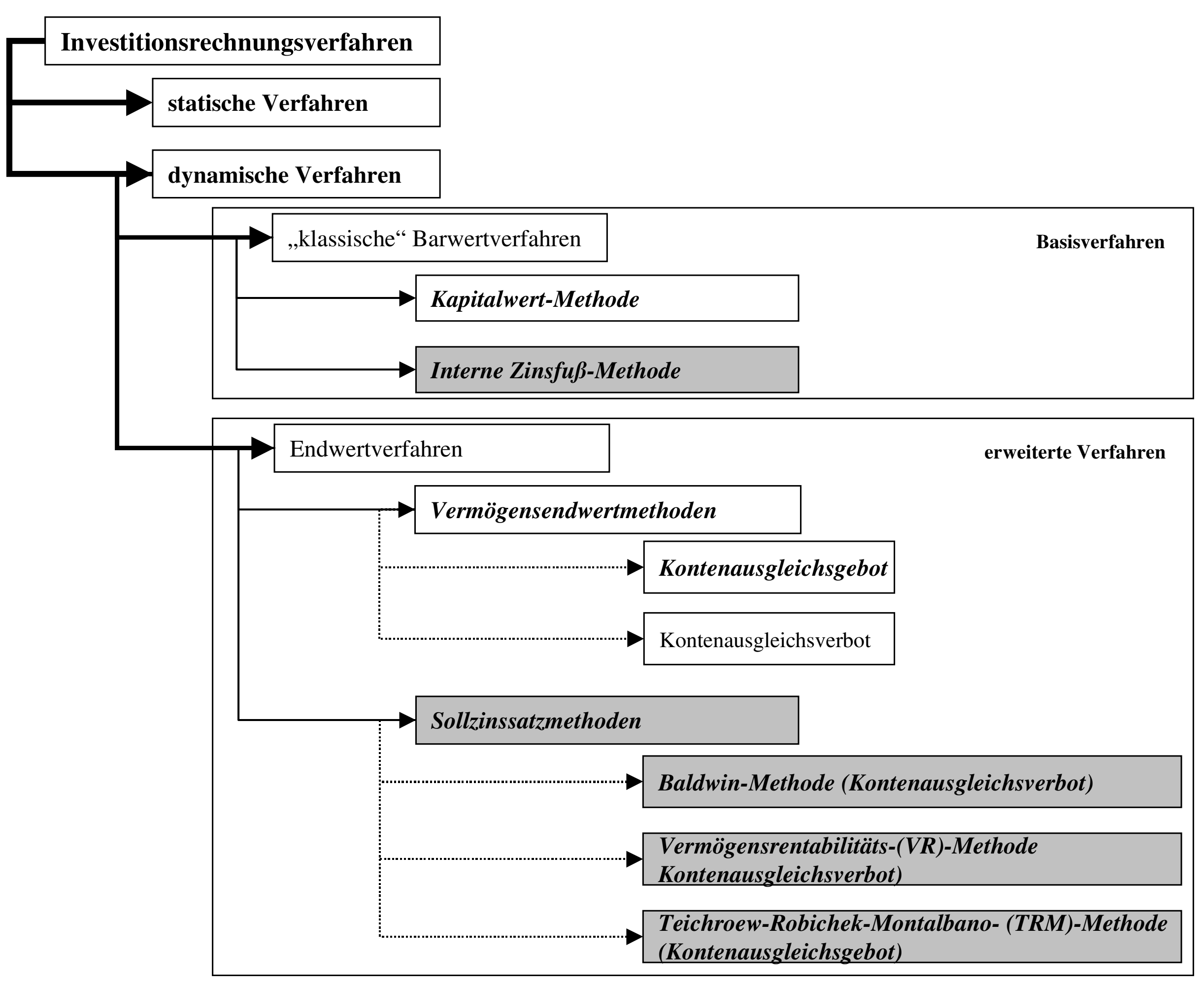


***Abb. 12**: Systematik der Investitionsrechnungsverfahren*[242] *(in Anlehnung an KUßMAUL u. RICHTER, 2000).*

[242] Auf die *„statischen Verfahren“* wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen.

Von den Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung werden nachfolgend zunächst die Berechnung des Kapitalwertes, des internen Zinsfußes sowie dessen Modifikationen betrachtet. Abschließend werden Grenzzinsanalysen vorgestellt. Die investitionstheoretischen Basismodelle aus der Gruppe der dynamischen Verfahren berücksichtigen die zeitliche Zahlungsstruktur. Diese ist von entscheidender Bedeutung für die Vorteilhaftigkeit einer Investition, weil alle Ein- und Auszahlungen eines Investitionsprojektes durch Diskontierung auf eine einzige zeitpunktbezogene Erfolgsgröße verdichtet werden. Die Grundverfahren der dynamischen Investitionsrechnung sind allerdings nicht unumstritten (ROLFES, 1998).

Die Modellerweiterung um frei wählbare Annahmen über die Wiederanlage von Investitionsrückflüssen führte zur Entwicklung erweiterter Verfahren. Diese Verfahren sind auf das Vermögen zum Endzeitpunkt von Investitionen ausgerichtet und werden dementsprechend auch als dynamische Endwertverfahren bezeichnet. Parallel zu den Basisverfahren sind bei den endwertorientierten Methoden zwei Grundansätze zu unterscheiden.

Gegenstück zur Kapitalwertmethode ist die Vermögensendwertmethode. Die interne Zinsfußmethode findet eine Entsprechung in den Sollzinssatzmethoden. Kennzeichnend für die Endwertverfahren ist die Trennung zwischen einem Sollzins für die Finanzierung von Investitionsauszahlungen und einem Habenzins für die Wiederanlage von Mittelrückflüssen aus dem Investitionsprojekt. Von den Endwertverfahren wird in Abschnitt 4.6.1.3 die Vermögensendwertmethode mit Kontenausgleichsverbot und in Abschnitt 4.6.1.4 die BALDWIN-Methode[243] vorgestellt.

[243] Wird gelegentlich auch als „*Reale Zinsfußmethode*“ bezeichnet (ROLFES, 1998: *S. 21*) bzw. als Methode des modifizierten internen Zinssatzes.

4.6.1.1 Die Kapitalwertmethode

Als Kapitalwert K eines Investitionsprojektes wird die Summe aller mit dem Kalkulationszins[244] p_k auf den Zeitpunkt t=0 abgezinsten (diskontierten) Zahlungen des Projektes bezeichnet [8].

$$K = \sum_{t=0}^{t} e_t * (1 + p_k)^{-t} \quad \textbf{[8]}$$

- *K:* *Kapitalwert [€]*
- *e_t:* *Ein- bzw. Auszahlung zum Zeitpunkt t*
- *p_k:* *Kalkulationszinsfuß*

Bei dieser allgemein gültigen Kapitalwertformel werden die Zahlungen aller Perioden auf der Basis des gleichen Kalkulationszinsfußes p_k abgezinst. Es ist denkbar, dass im Verlaufe eines Investitionsprojektes der Kalkulationszins in verschiedenen zukünftigen Perioden unterschiedlich hoch angesetzt wird. Bei der Berechnung des Kapitalwertes kann dementsprechend die zeitliche Reihenfolge der einzelnen Periodenzinssätze von ausschlaggebender Bedeutung sein. Für die weitere Betrachtung wird jedoch ein gleichbleibender Kalkulationszins als Modellannahme unterstellt.

Es zeigt sich, dass der Kalkulationszins neben der Höhe und zeitlichen Struktur der Investitionszahlungen die Vorteilhaftigkeit von unterschiedlichen Investitionsalternativen wesentlich beeinflusst. Dieser Schlüsselrolle steht die Tatsache gegenüber, dass kein einheitliches Kriterium für seine Bestimmung angegeben werden kann.[245] Der Grund für diesen Mangel besteht nach ROLFES (1998: *S. 23*) darin, dass der Kalkulationszinsfuß unterschiedliche Funktionen hat und davon mehrere gleichzeitig erfüllen soll. In der Grundfunktion dient der Kalkulationszins als kalkulatorischer *„Kostenmaßstab"*. Dieser Kostenmaßstab kann sich an der Finanzierung der Investition oder an verdrängten Alternativanlagen orientieren. ROLFES (1998) systematisiert daher die Ansätze zur Ableitung von Kalkulationszinsfüßen und unterscheidet einen finanzierungsorientierten sowie einen opportunitätsorientierten Kalkulationszins.

---

[244] Beim Kalkulationszins kann es sich um eine nominale oder reale Größe handeln. Nach der Zinstheorie von FISHER (1994) ist der Nominalzins das Produkt aus Realzinssatz und Inflationsrate. Da nicht nur das eingesetzte Kapital sondern auch die Zinszahlungen (Erträge) der Inflation unterliegen, ist der Einfluss der Inflation auf Investitionsrechnungen ohne Auswirkung, wenn das Konsistenzgebot beachtet wird und alle Zahlungsgrößen mit der gleichen Rate steigen. Das heißt, dass entweder die realen Zahlungsüberschüsse zu inflationieren sind und dann mit einem Nominalzins gerechnet wird oder aber direkt mit einem um die Inflationsrate bereinigten Zins (Realzins) gerechnet wird (BLOHM u. LÜDER, 1995). Beide Annahmen tragen der Absicht der Investoren nach realer Kapitalerhaltung Rechnung. Für die vorliegende Untersuchung gilt die zweite Annahme, die keine Wirkung auf die Vorteilhaftigkeit gegenüber nominaler Rechnungen hat.

[245] Vgl. ROLFES (1998: *S. 22*).

Tab. 5: Unterschiedliche Ansätze zur Ableitung eines Kalkulationszinses (in Anlehnung an ROLFES, 1998).

Der **Kalkulationszins** als *„Kostenmaßstab"*				
finanzierungsorientiert			**opportunitätsorientiert**	
Eigenkapitalkosten	Fremdkapitalkosten	Mischkosten	Rendite einer alternativen Finanzanlage	Rendite eines alternativen Investitionsprojektes

Soll der Kalkulationszinsfuß aus den Finanzierungskosten einer Investitionsalternative abgeleitet werden, ist zunächst die Finanzierungsart des Investitionsprojektes zu analysieren (Tab. 5). Wird eine Finanzierung mit Eigenkapital unterstellt, so bestimmt die geforderte Mindestverzinsung für das Eigenkapital den Kalkulationszins. Für die Ableitung einer Mindestverzinsung sind unterschiedliche Ansätze vorgeschlagen worden. Teilweise führen diese bereits in Richtung einer opportunitätskostenorientierten Bestimmung des Kalkulationszinses.

Bei einer Fremdkapitalfinanzierung sind die Kreditkosten als Kalkulationszins zu verwenden. Dadurch wird vermieden, dass eine Investition durchgeführt wird, deren Verzinsung niedriger als der effektive Finanzierungszins ist. In der Praxis ist die Mischfinanzierung aus Eigen- und Fremdkapital von besonderer Bedeutung.

Im Gegensatz zu den finanzorientierten Ansätzen zielt die Vorteilhaftigkeitsbetrachtung bei den opportunitätsorientierten Ansätzen auf den Vergleich mit anderen Anlagemöglichkeiten. Diese können in Form von alternativen Investitionsprojekten oder auch Finanzanlagen gegeben sein.[246]

Als historische Basis der Kapitalwertmethode gilt nicht nur in forstlichen Kreisen die FAUSTMANN'sche Formel, die damit am Beginn investitionstheoretischer Überlegungen steht (SAMUELSON, 1976; CHANG, 1998; HELLES, 1999; LOHMANDER, 1999). Dies erklärt auch die Aussage WOHLERTS (1993),[247] dass die einzige richtige Berechnung der optimalen Umtriebszeit die Maximierung der FAUSTMANN'sche Formel ist. Es muss allerdings nochmals betont werden, dass dieses Entscheidungsmodell nur unter der monetären Zielvorgabe einer Endvermögensmaximierung gültig ist (OHLIN, 1995; TAHVONEN u. SALO, 1999).

4.6.1.2 Die Methode des internen Zinssatzes

Für eine Abschätzung der Kapitalrentabilität einer ausgewählten Baumart oder Baumartenmischung ist der interne Zinsfuß als Kennziffer für die Verzinsung des durchschnittlich gebundenen Vermögens zu bestimmen. Die Höhe des internen Zinsfußes ist abhängig von der

[246] Vgl. ROLFES (1998: *S. 26*).
[247] Vgl. SAMUELSON (1976).

Baumart bzw. der Baumartenmischung, der jeweiligen Ertragsklasse und der gewählten Umtriebszeit sowie den Holzerlösen und den einzelnen Kostenbestandteilen (SPEIDEL, 1984).

Als interner Zinsfuß einer Zahlungsreihe wird der Kalkulationszinsfuß bezeichnet, bei dessen Anwendung der Kapitalwert dieser Zahlungsreihe gleich 0 ist [9].

$$-a_0 + \sum_{t=1}^{n} e_t (1 + r_e)^{-t} = 0 \qquad \textbf{[9]}$$

- r_e: *einfacher interner Zinsfuß*
- a_0: *Anfangsinvestition*
- e_t: *Einzahlungsüberschuss zum Zeitpunkt t*

Ökonomisch sind vor allem solche Zahlungsreihen relevant, bei denen auf eine Reihe anfänglicher Auszahlungsüberschüsse anschließend nur noch Einzahlungsüberschüsse folgen. Derartige Investitionen werden als Normalinvestitionen bezeichnet. Der interne Zinsfuß einer Normalinvestition kann als die Verzinsung des *„durchschnittlich gebundenen Kapitals"* des betrachteten Investitionsprojektes interpretiert werden. Als ökonomische Interpretation des internen Zinsfußes führt BITZ (1993: *S. 64f.*) aus:

„Würden alle Auszahlungen einer Normalinvestition durch Kreditaufnahme gedeckt, so gibt der ***interne Zinsfuß*** *den Kreditzins an, bei dessen Anrechnung die nachfolgenden Einzahlungen gerade ausreichen, um die anfangs aufgenommenen Kreditbeträge zu tilgen und zu verzinsen. Der interne Zinssatz gibt also an, welche Kapitalkostenbelastung das betrachtete Investitionsprojekt gerade noch verkraften könnte. In diesem Sinne kann der interne Zinsfuß auch als die ‚Rendite' einer Investition angesehen werden."*

Der interne Zinsfuß lässt sich nur implizit ermitteln. In der Literatur werden verschiedene Näherungsverfahren mitgeteilt, die auf den allgemein üblichen Näherungsverfahren zur Nullstellenbestimmung fußen.

Bei projektindividuellen Entscheidungen[248] gilt die Entscheidungsregel, dass eine Investition dann vorteilhaft ist, wenn der interne Zinsfuß dieser Investition höher ist als der Kalkulationszins. Bei der anstehenden Frage, ob der interne Zinsfuß eine für die Auswahl aus mehreren Investitionsalternativen brauchbare Größe darstellt, ist hingegen zu differenzieren. Die Auswahl der Alternative mit dem höchsten internen Zinsfuß führt nicht mit Sicherheit zur Auswahl der Alternative mit dem höchsten Kapitalwert.[249]

---

[248] D. h. es geht nur um die Entscheidung, ob ein bestimmtes Investitionsprojekt oder an seiner Stelle die Unterlassungsalternative gewählt wird.

[249] Somit bietet der interne Zinsfuß kein geeignetes Entscheidungskriterium für eine Endvermögensmaximierung.

Als Gleichung zur Berechnung interner Zinsfüße für forstliche Investitionsentscheidungen eignet sich die statische Grundgleichung [10]. Diese ist eine Umformung der FAUSTMANN-schen Formel[250] und stellt die während einer Umtriebszeit erzielten Erträge den Aufwendungen gegenüber.

$$A_u + D_a * 1.0p^{u-a} + D_b * 1.0p^{u-b} + ... = c * 1.0p^u + J_c * 1.0p^{u-c} + (B+V) * (1.0p^u - 1) \quad \textbf{[10]}$$

- A_u: *erntekostenfreier Abtriebswert im Alter der Umtriebszeit u*
- D_a, D_b: *erntekostenfreie Durchforstungserlöse im Alter a, b, ...*
- *c*: *Kulturkosten*
- J_c: *Jungbestandspflege im Alter c*
- *B*: *Bodenwert*
- *V*: *Verwaltungskostenkapital (kapitalisierte durchschnittliche jährliche Verwaltungskosten v),* $V = \frac{v}{0,0p}$
- *p*: *interner Zinsfuß*
- *u*: *Umtriebszeit*

Für Fichte der II. Ertragsklasse bei einer Umtriebszeit von 80 Jahren sowie Preise und Kosten im Anhalt an die Verhältnisse des Jahres 1964 wird ein interner Zinsfuß von 1,7 % berechnet. Für Eiche und Buche kann der Zinsfuß je nach Ertragsklasse bereits zum damaligen Zeitpunkt und bei entsprechend langen Umtriebszeiten negativ sein. Für schnellwüchsige Baumarten und relativ kurze Produktionszeiten können unter mitteleuropäischen Verhältnissen interne Zinsfüße von 5 % erreicht werden (SPEIDEL, 1984).

STRÜTT (1991) ermittelt für hohe Fichtenbonitäten, relativ kurze Produktionszeiträume und für verschiedene Produktionsstrategien interne Verzinsungen von 1,25 % bis 2,38 % pro Jahr. RIPKEN (1997, 1998) zeigt für die Niedersächsische Landesforstverwaltung für alle Baumarten, mit Ausnahme der Douglasie, das Ausbleiben positiver Kapitalrentabilität und damit eine negative Verzinsung und Kapitalverluste. Bei günstigsten Wachstumsverhältnissen im außereuropäischen Bereich sind Zinsfüße von 10 % und mehr realistisch (SPATHELF et al., 2001; SELING et al., 2001).

Der besondere Umstand, dass die Bodenreinertragslehre aufbauend auf der Zielvorstellung einer Gewinnmaximierung die Forderung nach einer Mindestrentabilität von 3 % normativ vorgab, hat das aus Gleichung [10] ableitbare investitionstheoretische Kalkül in Abrede gestellt und als Gegenentwurf die Waldreinertragslehre hervorgebracht.[251] MÖHRING (1994: *S. 76*) zeigt, dass der einzige Unterschied beider Lehren in der *„jeweiligen Fixierung des als Entscheidungsnorm angesehenen Zinsfußes“* liegt. Der im Fall der Waldreinertragslehre ge-

[250] Vgl. SPEIDEL (1984: *S. 146*).
[251] Vgl. Abschnitt 3.1, S. 34.

wählte Ansatz eines Zinsfußes von 0 % verdrängt allerdings das *„Prinzip der Knappheit“* aus forstlichen Investitionsentscheidungen (MÖHRING 1994: *S. 76*). Mit dem Hinweis, dass bei der Maximierung des Waldreinertrages für den Boden und den stehenden Holzvorrat keine Opportunitätskosten unterstellt werden, zitiert SCHREYER (1995: *S. 8*) MOOG: *„Die Annahme, die Opportunitätskosten seien Null, bedeutet in anderer Formulierung nichts anderes, als dass keine Alternative existiert. Ohne Alternative liegt jedoch keine Entscheidungssituation vor.“* Nach SCHREYER (1995) ist für den öffentlichen Wald tatsächlich keine andere Verwendung des Bodens denkbar, für den stehenden Holzvorrat gälte dies hingegen nicht.

4.6.1.3 Die Vermögensendwertmethoden mit Kontenausgleichsverbot

Von den endwertorientierten Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung (Abb. 12) soll zunächst die Vermögensendwertmethode mit Kontenausgleichsverbot vorgestellt werden. Nach ROLFES (1998: *S. 17*) ist der Vermögensendwert *„eine zeitpunktbezogene, absolute Entscheidungsgröße (..), die sich durch Aufzinsung aller Investitionsaus- und -einzahlungen auf das Ende der Nutzungsdauer berechnet.“* Besonderes Merkmal aller Endwertverfahren ist die Möglichkeit, *„dass der Kalkulationszins in einen (höheren) Sollzins und einen Habenzins aufgespalten“* werden kann (ROLFES, 1998: *S. 17*). Mit dem Sollzins wird ein Kapitalkonto verzinst, auf dem die Anfangsauszahlung für die Investition gebucht wird. Entsprechend werden mit dem Habenzins die Investitionsrückzahlungen auf einem Vermögenskonto verzinst. Gilt das Kontenausgleichsverbot, wird zwischen den beiden Konten kein Zahlungsausgleich zugelassen.[252] Das Kontenausgleichsverbot bewirkt, dass das durch die Anfangsauszahlung gebundene Kapital über die Laufzeit konstant bleibt.

[252] Analog dazu kann explizit ein Kontenausgleichsgebot angenommen werden. Dabei ist eine Kompensation zwischen Kapital- und Vermögenskonto erlaubt.

Die Berechnung des Vermögensendwertes bei Kontenausgleichsverbot erfolgt, indem die Anfangsauszahlung mit dem Sollzinssatz auf das Ende der Investition aufgezinst wird (Gleichung [11]) und die Einzahlungsüberschüsse aus dem Investitionsprojekt jeweils mit dem Habenzins bis zum Ende des Planungszeitraumes prolongiert werden (Gleichung [12]).

$$C_n^- = \sum_{t=0}^{n} a_t (1+r)^{n-t} \xrightarrow{} C_n^- = a_0 (1+r)^n \quad \textbf{[11]}$$

es besteht nur eine Investitionsauszahlung zum Zeitpunkt n=0

$$C_n^+ = \sum_{t=1}^{n} e_t (1+i)^{n-t} \quad \textbf{[12]}$$

- C_n^-: *Wert des Kapitalkontos am Ende des Planungszeitraumes*
- a_0: *Anfangsauszahlung*
- r: *Sollzinssatz*
- C_n^+: *Wert des Vermögenskontos am Ende des Planungszeitraumes*
- e_t: *Einzahlungsüberschuss zum Zeitpunkt t*
- i: *Habenzinssatz*

Durch die Aufzinsung wird unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins der zukünftige Wert eines gegenwärtigen Geldbetrages bestimmt (BITZ, 1993). Werden die mit dem Habenzins wertmäßig in die Zukunft transponierten Beträge addiert und mit dem Endwert der Anfangsauszahlung saldiert, ergibt sich der Vermögensendwert (C_n) des Investitionsprojektes (Gleichung [13]).

$$C_n = C_n^+ - C_n^- \quad \textbf{[13]}$$

Eine Einzelinvestition ist dann bei einem positiven Vermögensendwert gegenüber der Unterlassungsalternative vorteilhaft. Die Vergleichbarkeit zwischen Investitionsalternativen ist nur dann gegeben, wenn die Vermögensendwerte bei identischer Laufzeit für den gleichen Endzeitpunkt ermittelt werden. Gegenüber der Kapitalwertmethode besteht der Vorteil, dass der Vermögensendwert eine reale, in Geldeinheiten zu realisierende Ergebnisgröße darstellt.

Für die Anwendung der Vermögensendwertmethode mit Kontenausgleichsverbot für Investitionen in Waldvermögen sollen nachfolgend einige Annahmen getroffen werden. Der Sollzinssatz ist üblicherweise der Marktzins für Fremdkapital und dementsprechend höher als ein am Kapitalmarkt zu erzielender Habenzins.[253]

[253] Es wird davon ausgegangen, dass der Habenzins durch risikoarme Anlage in Staatsanleihen höchster Bonität zu erzielt ist.

In der Forstwirtschaft sind fremdkapitalfinanzierte Investitionen in Waldvermögen aber eher die Ausnahme. Somit ist der Sollzinssatz in diesem Fall eine Größe für die kalkulatorischen Eigenkapitalkosten des Investors. Diese theoretischen Mindestrenditeanforderungen sind realistischer Weise niedriger als der Habenzins für Geldanlagen auf dem Kapitalmarkt. Daher ist im Gegensatz zur Fremdfinanzierung mit höherem Soll- als Habenzins bei einer Kalkulation mit niedrigen kalkulatorischen Eigenkapitalkosten das Kontenausgleichsverbot vorteilhaft.

Eine Entscheidungssituation könnte demnach wie folgt aussehen: Zu Beginn der Planungsperiode bzw. eines Investitionsvorhabens wird einmalig die Entscheidung getroffen, Eigenkapital in Holzvorratskapital zu investieren. Das Eigenkapital bleibt über den gesamten Zeitraum bis zum Ende des Investitionsprojektes in der Anlage gebunden; die erwartete Verzinsung für dieses gebundene Eigenkapital liegt maximal bei 3,25 %.[254] Aus der Bewirtschaftung lassen sich Einzahlungsüberschüsse erzielen, die am Kapitalmarkt angelegt werden sollen. Die erwartete Rendite für diese Anlageform wird mit 7 % angenommen. Die Differenz der Renditeerwartungen wird durch die risikoärmere Anlage in Waldvermögen begründet und bewusst akzeptiert. Ließe sich unter den gemachten Annahmen ein positiver Vermögensendwert erzielen, wäre die Entscheidung rational. Über die Entscheidung, wie die Verwendung dieses Vermögensendwertes am Ende der Planungsperiode erfolgen soll, wird keine Annahme gemacht.

Ein Beispiel:
Investitionssumme von 100.000,- € für 30 Jahre fest zu 3,25 % ergeben 161.000,- € kalkulatorische Eigenkapitalkosten. Erträge aus der Waldwirtschaft von jeweils 12.500,- € zum Zeitpunkt t_0, t_{10} und t_{20} werden zu 7 % angelegt und ergeben 168.200,- €. Die einfache Rechnung zeigt zunächst, dass die Erträge, die zum Habenzins angelegt worden sind, die kalkulatorischen Eigenkapitalkosten übersteigen. Entscheidend für die Vorteilhaftigkeit der Investition ist allerdings der Wert des Holzvorratskapitals nach 30 Jahren. Läge dieser über 92.800,- € wäre die Investition rational begründet.

4.6.1.4 Die BALDWIN-Methode

Bei der Berechnung des internen Zinssatzes gilt die Annahme, dass die während der Nutzungsdauer einer Investition anfallenden Einzahlungsüberschüsse zum internen Zinsfuß angelegt werden. Diese implizite Wiederanlageprämisse der internen Zinsfußmethode ist im Grundmodell mit vollkommenem Kapitalmarkt nicht tragfähig und widerspricht der ökonomischen Realität. Die Nachteile der internen Zinsfußmethode können durch einen Methodenwechsel behoben werden.

Die Methode des modifizierten internen Zinsfußes, bzw. die BALDWIN-Methode (BALDWIN 1959), unterscheidet sich von der einfachen internen Zinsfußmethode dadurch, dass eine Wie-

[254] Garantierter Zins für Lebensversicherungen. Am 1. Juli 2000 ist der Garantiezins bei Lebensversicherungen von 4,00 % auf 3,25 % reduziert worden.

deranlage der Einzahlungsüberschüsse nicht implizit und nicht zum internen Zinsfuß, sondern explizit und zu einem frei zu wählenden, realistischen Kalkulationszinssatz erfolgt (KUßMAUL u. LUTZ, 2000).

Ein Beispiel:
Für einen Fichtentyp wird der einfache interne Zins berechnet. Die Wiederanlageprämisse besagt, dass freiwerdende Gelder, soweit diese nicht konsumiert werden, wieder zum berechneten internen Zinssatz angelegt werden. Ein Waldumbauprogramm sieht allerdings die Reduzierung der Fichtenfläche zu Gunsten von Laubholztypen vor. Damit wäre auch die Wiederanlage von Einzahlungsüberschüssen aus der Fichtenbewirtschaftung vermutlich nur zu einem geringen Zinssatz möglich, der sich bei der Kalkulation der Laubholztypen ergibt. Bei der modifizierten internen Zinsfußmethode wäre dieser Sachverhalt durch die explizite Wahl eines Kalkulationszinsfußes (beschrieben als durchschnittliche Rendite aller Laubholztypen) abbildbar.

Nach WÄHRISCH (1999) ist die BALDWIN-Methode [14] der einfachen internen Zinsfußmethode überlegen, konnte sich aber bislang in der Praxis nicht durchsetzen. WÄHRISCH (1999: *S. 299*) stellt heraus, dass gerade bei *„sehr langfristigen Investitionen, die ihre volle Ergebniswirkung erst spät entfalten"* die BALDWIN-Methode Vorteile bietet. Für die Forstwirtschaft mit deren langen Produktionszeiträumen ist dieses Argument somit zutreffend.

$$-a_0 + \left[\sum_{t=1}^{n} e_t (1+i)^{n-t}\right](1+r_b)^{-n} = 0 \qquad \textbf{[14]}$$

- r_b: *modifizierter interner Zinsfuß/BALDWIN-Zins (Sollzinssatz)*
- a_0: *Anfangsinvestition*
- e_t: *Einzahlungsüberschuss zum Zeitpunkt t*
- i: *Kalkulationszinsfuß (Habenzinssatz)*

4.6.1.5 Grenzzinsanalyse

Eine weitere Ergänzung zur Ableitung von Nutzungszeitpunkten[255] ist ein Ansatz, mit dem nicht die durchschnittlichen Kapitalrentabiliät über die gesamte Laufzeit der Investition berechnet wird, sondern mittels Grenz- oder Marginalanalyse die Grenzzinsrentabilität untersucht werden kann.

Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass bei einem Ernteverzicht ein zukünftiger Wertzuwachs für die Periode $t=n$ entsteht. Im Verhältnis zum eingesetzten Kapital in Form des Abtriebswertes zum Zeitpunkt $t=0$ liefert dieser erzielbare zusätzliche Vermögenszuwachs eine Rentabilitätsgröße, die als Wertzuwachsprozent bezeichnet wird und die Kapitalverzinsung des durch Nutzungsaufschub gebundenen Kapitals beschreibt. Diese Kenngröße kann mit entsprechenden Vergleichsgrößen abgeglichen werden und somit als Entscheidungshilfe über sofortige Nutzung (Deinvestition) oder weitere Kapitalbindung (Investition) verwendet werden. In Gleichung [15] und [16] ist jeweils für einen ein- und mehrperiodischen Zeitraum die

[255] Gilt für Bestände ebenso wie für Einzelbaumbetrachtungen.

Auflösung nach p dargestellt. Der Unterschied besteht bei der mehrperiodischen Betrachtung allein in der Berücksichtigung des Zinseszinseffektes.

$$A_{x+1} - A_x = A_x * 0{,}0p \qquad p\ [\%] = \left(\frac{A_{x+1} - A_x}{A_x} \right) * 100 \qquad \textbf{[15]}$$

<u>ein</u>periodische Wertzuwachsberechnung

$$A_{x+n} - A_x = A_x * \left(1{,}0p^n - 1\right) \qquad p\ [\%] = \left(\sqrt[n]{\frac{A_{x+1} - A_x}{A_x} + 1} - 1 \right) * 100 \qquad \textbf{[16]}$$

<u>mehr</u>periodische Wertzuwachsberechnung

- A_x: *aktueller Abtriebswert*
- A_{x+n}: *Abtriebswert in n Jahren*
- p: *Wertzuwachsprozent*

Mit dem Ansatz des Wertzuwachsprozentes wird zunächst nur die wertmäßige Entwicklung der aktuellen Bestockung beschrieben. Üblicherweise verbleibt der Boden in forstwirtschaftlicher Nutzung, so dass auch die potenzielle Folgebestockung in die Nutzungsüberlegungen mit einbezogen werden sollte. Hierzu wäre das einfache Wertzuwachsprozent um entsprechende Größen zu ergänzen, die bei einem periodischen Nutzungsverzicht auch die verspäteten Erträge einer Folgebestockung berücksichtigt.

Soll die mögliche Folgebestockung mit ins Kalkül einbezogen werden, ist der von MÖHRING (1994) beschriebene Ansatz des *„internen Grenzzinssatzes“*[256] heranzuziehen.

$$p\ [\%] = \left(\frac{(A_{x+1} - A_x) - b_b}{A_x} \right) * 100 \qquad \textbf{[17]}$$

Die Gleichung [17] zeigt im Vergleich zu Gleichung [15], dass lediglich die Größe b_b ergänzt worden ist. Diese, von MÖHRING (1994) als Bodenbruttorente bezeichnete Größe, beschreibt den Ertragsentgang, der durch eine verspätete Deinvestition den Wertzuwachs reduziert.

MÖHRING (1994) zeigt, dass diese Überlegungen bereits im Weiserprozent von PRESSLER enthalten sind (Gleichung [18]).

$$p\ [\%] = \left(\frac{A_{x+1} - A_x}{A_x + B + V} \right) * 100 \qquad \textbf{[18]}$$

[256] Zur Begriffsbildung vgl. MÖHRING (1994: *S. 44–45*).

Die beiden Kapitalgrößen *B* (Bodenertragswert) und *V* (Verwaltungskostenkapital) in Gleichung [18], die Beziehung des Bodenertragswertes zur Bodenbruttorente, und die Bedeutung des Verwaltungskostenkapitals werden von MÖHRING (1994: *S. 52ff.*) und KNOKE (1998: *S. 49ff.*) ausführlich diskutiert. Als Ergebnis wird von beiden Autoren festgehalten, dass das Verwaltungskostenkapital als fixe Kostengröße nicht entscheidungsrelevant ist und der Bodenertragswert als $B = \frac{b_b}{0{,}0p}$ in Gleichung [18] eingesetzt werden kann. Somit ergibt sich der mit Gleichung [17] dargestellte Zusammenhang.

KNOKE (1998) vergleicht anhand verschiedener Beispiele den Wertzuwachs nach Gleichung [15] und das Weiserprozent nach Gleichung [17]. *„Bei Zinsannahmen zwischen 1 % und 3 %"* hat die zusätzliche Berücksichtigung der Bodenbruttorente kaum Einfluss auf die Ergebnisse (KNOKE, 1998: *S. 89*). Zur Ableitung von Entscheidungshilfen zur Nutzungsplanung hat damit der Befund des zusätzlich erzielbaren Wertzuwachses der derzeitigen Bestockung die entscheidende Bedeutung (BACHMANN, 1987a).

Als Vergleichsgröße zur Beurteilung des Wertzuwachsprozentes können unterschiedliche Annahmen gemacht werden. SCHREYER (1995) hält einen Grenzzins von maximal 2 % für angebracht, ohne diesen Wert allerdings näher zu begründen. Grundsätzlich kann aber jeder andere Kalkulationszins herangezogen werden, wobei dieser je nach Eigentümerlage periodisch unterschiedlich hoch festgesetzt werden kann. Ein temporär erhöhter Kapitalbedarf wird den akzeptablen Grenzzins ebenfalls erhöhen. Bei ausreichender Kapitalausstattung sind geringere Grenzverzinsungen bzw. Wertzuwachsprozente hinzunehmen. Liegen keine formulierten Forderungen für einen entsprechenden Wertzuwachs im Rahmen der Zieldefinition vor, ist ein Vergleich mit dem Wertzuwachs einer möglichen Folgenutzung zu erwägen. Als Vergleichsgröße sollte der auf die gesamte Umtriebszeit bezogene Wertzuwachs herangezogen werden (BITTER, 1990). Hierbei würde es sich um die interne Verzinsung handeln, die als Kennziffer für den Folgebestand zu berechnen wäre.

Dieser marginalanalytische Ansatz ist ein passendes Verfahren, um im Rahmen der mittelfristigen Betriebsplanung Nutzungsentscheidungen auf einer fundierten ökonomischen Basis zu treffen. Auf marginalanalytische Untersuchungen gestützte Entscheidungskalküle können grundsätzlich für ganz unterschiedliche Entscheidungssituationen Verwendung finden. Historisch war die Ableitung einer ökonomischen Hiebsreife für Bestände vorrangig. Für einen Waldbau, der weitgehend auf flächige Nutzungen verzichtet, sind inzwischen andere Entscheidungssituationen relevant, bei denen es um die Ableitung von Zieldurchmessern geht.[257]

[257] Hierbei steht der überbetriebliche Charakter der Modellkalkulationen am Einzelbaum zur Festlegung von Zieldurchmessern im Vordergrund.

So verwendet beispielsweise MOOG (1990) die Marginalanalyse auf der Ebene des Einzelbaumes zur Ableitung differenzierter Zieldurchmesser.

Allerdings sind auch die Grenzen marginalanalytischer Untersuchungen bekannt (RIPKEN, 1997).[258] Dennoch kann die Forsteinrichtung mit diesem Verfahren einen Rahmenentwurf für mögliches Entscheidungsverhalten entwickeln, der mit den gleichen Verfahren während der Jahresplanung konkretisiert und überprüft wird. Das hat den Vorteil, dass mit einer größeren Nähe zum Entscheidungszeitpunkt die Informationsgrundlage hinsichtlich der Kosten- und Erlössituation günstiger ist.

Mit Hilfe eines einzelbaumorientierten Wuchsmodells lassen sich baumweise potenzielle Wertzuwächse eines zu entnehmenden Baumes wie auch eines zu belassenden Nachbarbaumes berechnen.[259] Über entsprechende Simulationsläufe können die Auswirkungen unterschiedlich starker Eingriffe im Zieldurchmesserbereich verglichen werden. Mit diesem Vorgehen lassen sich praktische Entscheidungssituationen passend beschreiben, bei denen weder eine flächige Nutzung angestrebt wird, noch die Bestimmung einzelner Zieldurchmesser interessiert. Neben den Auswirkungen unterschiedlicher Eingriffsstärken kann durch die Einzelbaumbetrachtung sehr viel detaillierter die Nutzungsstrategie in deren Auswirkung auf den zukünftigen Wertzuwachs beurteilt werden.

Die formulierte Nutzungsstrategie ist nicht für alle Bestandestypen gleichermaßen gut geeignet. Zum einen müssen die Bestände bereits in der Frühphase durch angepasste Pflegeeingriffe ausreichend stabilisiert worden sein und auf waldbauliche Steuerungsmöglichkeiten hinreichend reagieren können. Zum anderen kann in fichtendominierten Bestandestypen mit ausreichender Beteiligung von Buche eine bereits frühzeitig einsetzende Zieldurchmesserernte durch gesteigerten Wertzuwachs der verbleibenden Bestockung kompensiert werden.

---

[258] RIPKEN (1997: *S. 57*) sieht hier insbesondere Probleme im Bereich der waldwachstumskundlichen Forschung. Wird beispielsweise im Rahmen der Zielstärkennutzung in jüngere Bestände eingegriffen, dabei der Bestockungsgrad abgesenkt und eine Berechnung des Wertzuwachsprozentes beabsichtigt, liegt das Problem vor allem darin *„den Zuwachs des verbleibenden Bestandes zu ermitteln. Man müsste praktisch eine baumweise Einschätzung des künftigen Wertzuwachses eines zu entnehmenden Baumes wie auch des Zuwachses eines belassenen Nachbarbaumes berechnen können.“*

[259] Vgl. Fußnote 258.

5 Umsetzung des Modells und Einsatz als Planungshilfe

Als Instrument der Betriebssteuerung liefert die Forsteinrichtung entscheidungsrelevante Informationen. Bei Vorgabe klarer Wirtschaftsziele können Alternativen zur Zielerreichung auf deren ökonomische Auswirkungen hin untersucht werden (STOLL u. GRUNDMANN, 2001). Nach MÖHRING (2001b: *S. 62*) besteht beispielsweise bei einer Zielvorgabe das Holzvorratskapital im Forstbetrieb zu erhalten *„das forstökonomische Entscheidungsproblem nicht mehr in der alternativen Entscheidungssituation, ob Kapital in der Forstwirtschaft oder außerhalb angelegt werden soll, es geht vielmehr um die Frage, wie der vorhandene und zu erhaltende Kapitalstock innerhalb des Forstbetriebes optimal zu strukturieren ist."*

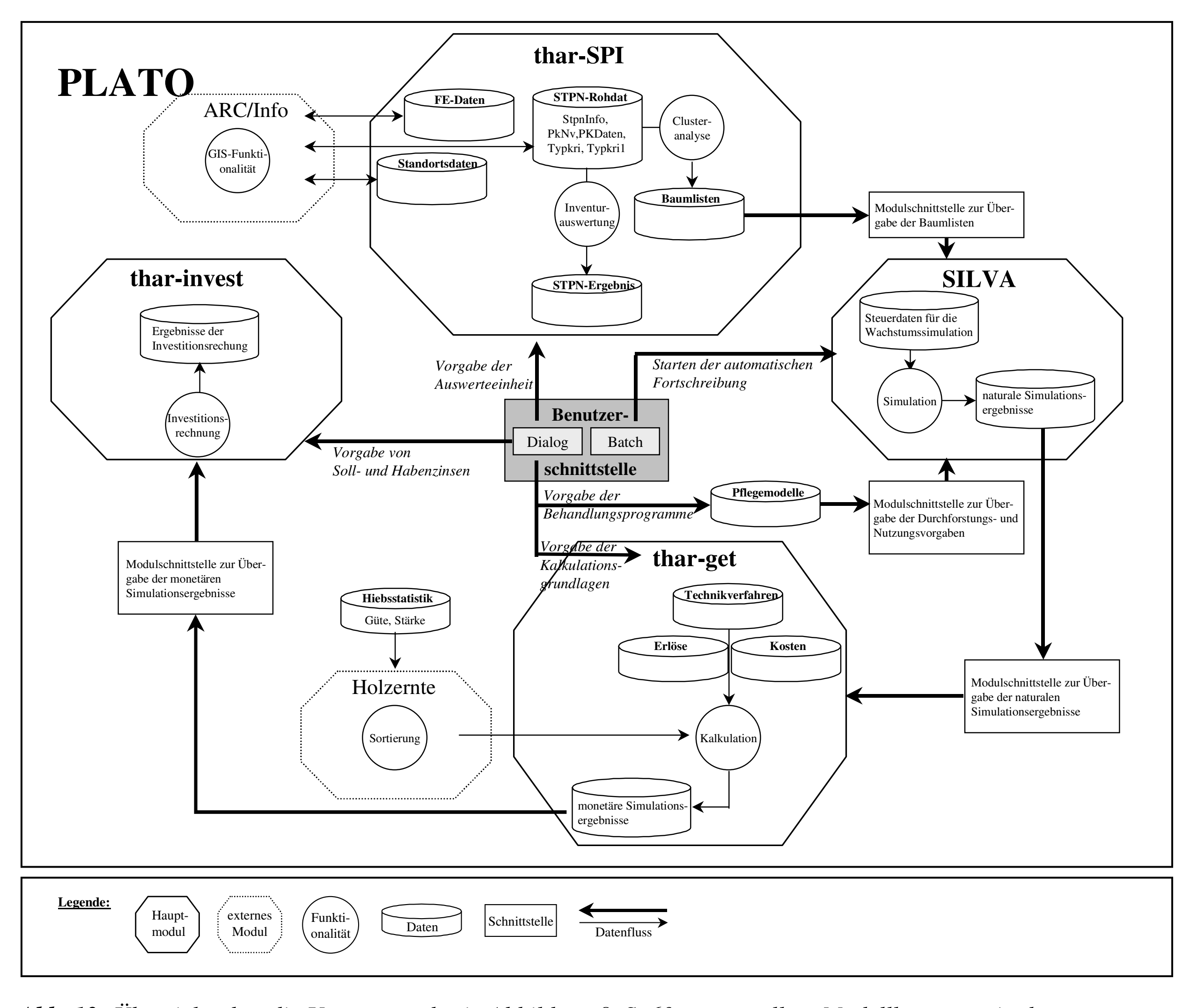


***Abb. 13**: Übersicht über die Umsetzung des in Abbildung 8, S. 60, vorgestellten Modellkonzeptes in das prototypische und modular aufgebaute Programm „Plato"(Planungstool).*[260] *Als Datenbank dient Microsoft Access (MS-Access). Die notwendigen Programmierungen erfolgten in Visual Basic (VB) und Visual Basic für Applikationen (VBA).*

[260] Vgl. LEMM et al. (2002).

Innerhalb eines betrieblich vorgegebenen Handlungsrahmens sind die Spielräume für die Gestaltung eines zielgerechten Produktportfolio insbesondere hinsichtlich der finanz- und vermögenswirksamen Zielerreichung zu identifizieren. Die theoretischen und methodischen Grundlagen für ein entsprechendes Vermögensmanagement sind vorhanden. Operative Methoden zur Produktionsplanung und -steuerung stehen ebenfalls zur Verfügung. Dennoch ist ein erhebliches Defizit bei der mittel- bis langfristigen Planung festzustellen.

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass bei der funktionalen Umsetzung des in Kapitel 4 vorgestellten Planungs- und Simulationsmodells (PSM) in ein integriertes Management-Support-System (PLATO) eine prototypische Systemintegration der einzelnen Programmmodule insoweit angestrebt wird, wie das für eine erste Evaluation des Modellkonzeptes notwendig ist (Abb. 13).[261] Gleichzeitig sollte die Beschränkung auf einen prototypischen Entwicklungsansatz nicht dazu führen, dass alle Problembereiche gänzlich ausgeblendet werden, die für ein vom Anwender akzeptiertes und damit auch in der Praxis einsetzbares System relevant sind. Erfahrungsgemäß sind die beiden wichtigsten Kriterien, die Einfachheit der Programmbenutzung sowie die vielfältigen programmtechnischen Vorstellungen für eine gelungene Programmüberführung in die Praxis, gegeneinander abzustimmen (SCHÖPFER et al., 1996).

Eine sinnvolle Bearbeitung der in den vorhergehenden Kapiteln aufgezeigten Themengebiete kann im Rahmen dieser Arbeit nur bei einer Fokussierung auf bestimmte Bereiche der forstbetrieblichen Planungs- und Entscheidungsprobleme gelingen. Anhand ausgewählter Beispiele werden sowohl die inhaltlichen Gesichtspunkte der relevanten Entscheidungsfelder als auch deren datenorientierte und informationsbasierte Umsetzung gleichermaßen berücksichtigt.

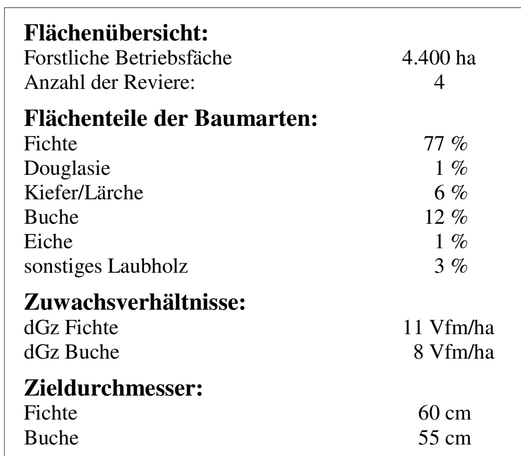
[261] Die Abbildung zeigt die Umsetzung eines best of breed Ansatzes. Nach dieser Strategie wird jeweils für einzelne Funktionen auf spezielle Einzellösungen statt auf eine integrierte Gesamtlösung zurückgegriffen. Die einzelnen Module müssen dabei allerdings die Daten untereinander über komplexe Schnittstellen austauschen.

5.1 Der Untersuchungsbetrieb und das Untersuchungsgebiet

5.1.1 Naturräumliche Gliederung

Der Untersuchungsbetrieb erstreckt sich auf einer Holzbodenfläche von ca. 4.400 ha.[262] Für die vorliegende Untersuchung sind dazu unterschiedliche Flächen, die verschiedenen Eigentümern gehören, gedanklich zu einer Einheit – einem virtueller Gesamtbetrieb – kombiniert worden.

Die Gesamtwaldfläche gliedert sich in 4 Reviere mit unterschiedlichen Wuchsbedingungen und Regionalgesellschaften. Rund 2/3 der Betriebsfläche liegen im natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte. Die Hauptbaumarten des Betriebes sind mit 77 % Flächenanteil die Fichte und mit 12 % die Buche. Auf 88 % der Wirtschaftsfläche stocken Bestandestypen mit führender Fichte. Die Fichtenreinbestände[263] sind über alle Altersklassen hinweg auf 41 % der Fläche vorhanden. Die Dominanz der Fichte ist darauf zurückzuführen, dass auf vielen Standorten die Wiederaufforstung devastierter Waldstandorte und landwirtschaftlicher Flächen mit dieser Baumart erfolgte.



Flächenübersicht:	
Forstliche Betriebsfäche	4.400 ha
Anzahl der Reviere:	4
Flächenteile der Baumarten:	
Fichte	77 %
Douglasie	1 %
Kiefer/Lärche	6 %
Buche	12 %
Eiche	1 %
sonstiges Laubholz	3 %
Zuwachsverhältnisse:	
dGz Fichte	11 Vfm/ha
dGz Buche	8 Vfm/ha
Zieldurchmesser:	
Fichte	60 cm
Buche	55 cm

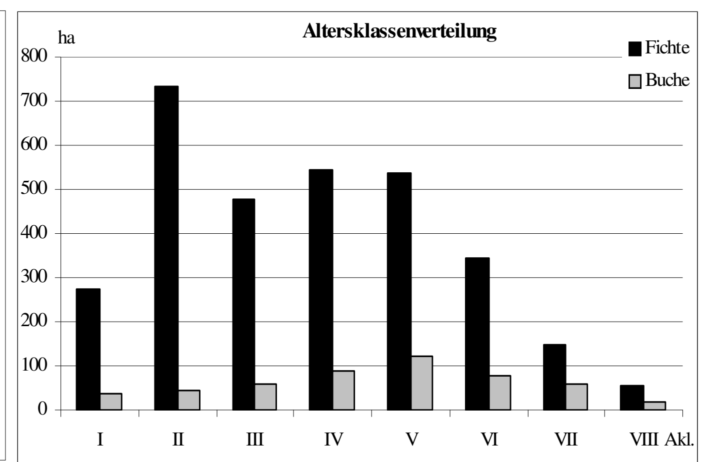


Abb. 14: Kennzahlen zum Untersuchungsbetrieb und Darstellung der Altersklassenverteilung für Fichte und Buche.

Bei der Fichte ist die II. und III. Altersklasse kalamitäts- und nachkriegsbedingt deutlich überausgestattet. Mit einem laufenden und durchschnittlichen Gesamtzuwachs von 11 Vfm/ha bildet die Fichte den produktivsten Vorratsanteil des Betriebes. Die Holzqualität der Fichte ist auf großen Flächenanteilen sehr gut, auf eutrophen Standorten ist die Fichte erheblich rotfäulegefährdet. Die Verjüngung der Fichte erfolgte in der Vergangenheit natürlich unter Schirm, am Saum oder durch Pflanzung auf der Freifläche.

[262] Die exakte Größe der Inventurfläche beträgt 4.364 ha.
[263] Beimischung anderer Baumarten < 10 %.

Intensive Nutzungen der Wälder im Kahlschlagverfahren haben die Buche bereits in der vorletzten und letzten Waldgeneration auf großer Fläche des Betriebes verdrängt. Buche kommt als führende Hauptbaumart nur selten vor. Die Buche wurde bisher waldbaulich durch niederdurchforstungsartige Eingriffe behandelt, entsprechend sind die Durchmesser vergleichsweise schwach. Zusätzlich neigt die Buche standortsbedingt zur Verkernung.

5.1.2 Die strategischen Ziele im Untersuchungsbetrieb

Die im Untersuchungsbetrieb geltenden Zielvorgaben müssen für eine erfolgreiche Zukunftsausrichtung auf der strategischen Planungsebene mit strategischen Zielen unterlegt sowie anschließend auf die zeitlich näher liegenden Planungsebenen[264] überführt werden. Darauf aufbauend sollen alle Maßnahmen der biologischen Produktion im Betrieb die vier nachfolgend aufgeführten strategischen Ziele verfolgen:

- Risiko- und
- Aufwandsreduktion
- Flexibilitäts- und
- Ertragssteigerung

Die einzelnen Ziele konkurrieren zum Teil, so dass bei jeder einzelnen Betriebsmaßnahme zwischen der Erreichung der Teilziele gegebenenfalls auszugleichen ist. Weitere Rahmenbedingungen zu den einzelnen Teilzielen sind nachfolgend kurz skizziert. Diese Hinweise umreißen den Handlungsrahmen für die weiterführenden Simulationsstudien.

Zweifelsohne sind Forstbetriebe nach den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte einem deutlich höheren Betriebsrisiko ausgesetzt,[265] das von der Betriebsleitung kurzfristig kaum beeinflusst werden kann, für den Forstbetrieb allerdings erhebliche Ergebnisrelevanz besitzt (YIN u. NEWMAN, 1996; DIETER, 2001). Neben unmittelbaren Vermögensverlusten durch Kalamitätsereignisse entstehen direkte Mehrkosten und Mindererlöse, die zusammen mit Holzmarktstörungen ertragsreduzierend auf das Betriebsergebnis wirken. Der durch die Waldbewirtschaftung aktiv beeinflussbare Teil des Betriebsrisikos sollte möglichst mit vertretbarem Aufwand reduziert werden.

Das Erreichen der gesamtbetrieblichen Ziele wurde und wird auch in Zukunft im Untersuchungsbetrieb durch einige Aspekte maßgeblich beeinflusst und eingegrenzt. Dazu zählen im Einzelnen folgende Probleme bzw. Restriktionen:

---

[264] Taktische und operationale Planungsebene.

[265] Trotz des durch Kalamitäten gerade in der jüngeren Vergangenheit erhöhten Betriebsrisikos bleibt die Investition in Waldvermögen eine vergleichsweise sichere Anlage.

- Kalamitätsnutzungen mit unkalkulierbarem Holzanfall und einem damit einhergehenden Vermarktungs- und Preisdruck, der von der Betriebsleitung kaum aktiv gesteuert werden kann.[266]
- Unabweisbare Kosten der biologischen Produktion.[267]
- Unzureichende Möglichkeiten zur Anpassung an aktuelle Holzmarktsituationen.[268]
- Begrenzte Leistungs- und Wertschöpfungspotenziale der gegenwärtigen Waldbestände.

Gleichbleibende oder sogar nachgebende Holzpreise einerseits, steigende Lohnkosten andererseits, verbunden mit einer fortschreitenden Internationalisierung der Holzmärkte, werden die zu beobachtende Entwicklung der Kosten-Erlös-Schere weiter verstärken. Als Reaktion auf diese Tendenzen müssen alle Möglichkeiten zur Kosteneinsparung im Bereich der biologischen Produktion, insbesondere bei den lohnintensiven Arbeitsbereichen genutzt werden.

Die nach der Forsteinrichtung durchgeführte Beurteilung der Bestockungs-, Vorrats- und Hiebssatzanalyse ergab, dass große Anteile des Einschlagsvolumens Massenware ist, deren Marktwert weltmarktpreisabhängig ist. Durch betriebsindividuelles Angebotsverhalten lässt sich dieser Marktpreis nicht beeinflussen. 60 % des holzerntefreien Umsatzes des Betriebes resultiert aus diesem Einschlagssegment und wird von der Betriebsleitung als die größte Beeinträchtigung zur Flexibilitätssteigerung gewertet. Dieses gilt umso mehr, als diese Sortimente überwiegend aus Durchforstungen stammen, die aus Stabilitätsgründen einen begrenzten Spielraum bei der Maßnahmenplanung erlauben.

Die Betriebssteuerung muss deshalb darauf abzielen, die Fixkostenbelastung weitgehend zu reduzieren. Dieses Vorgehen minimiert den Zwang, bei schlechter Holzmarktlage zur Liquiditätsschaffung gegen den Markt zu produzieren und Holz zu unterdurchschnittlichen Preisen absetzen zu müssen (MOOG, 1991, 1994).[269] Diese Flexibilität führt zu Arbeitsvolumina von 50 % bis 200 % eines Durchschnittsjahres und muss realisiert werden können.[270] Nach den betrieblichen Vorstellungen sollten in den Maßnahmenbereichen Dickungspflege und Erstdurchforstung mindestens die doppelte Jahresdurchschnittsarbeitsfläche vorauseilend bear-

---

[266] Vgl. die Angaben von BURSCHEL (1990: *S. 58*). Danach bestand von 1951 bis 1981 25 % der Holznutzung und im Zeitraum von 1982 bis 1987 sogar 42 % des Einschlages im bayerischen Staatswald aus außerplanmäßigen Holzanfällen (SEITSCHEK, 1989).

[267] Fixkostenblock.

[268] Vgl. BRABÄNDER (1991).

[269] Ein Forstbetrieb, *„der zwar regelmäßig Holz einschlägt, aber in vielen Jahren unter seiner nachhaltigen Nutzungsmöglichkeit bleibt, um in anderen Jahren, wenn die Holzpreise es lohnend erscheinen lassen, weit mehr einschlagen zu können“* wird von MOOG (1994: *S. 16*) als *„kombinierter Betrieb“* bezeichnet, der Nachhaltsbetrieb und aussetzenden Betrieb vorteilhaft verknüpft. Vgl. dazu auch MOOG (1991: *S. 249*).

[270] Bei einer übermäßigen Reduktion betriebseigener Arbeitskräfte bleibt allerdings die Unsicherheit bestehen, inwieweit bei Arbeitsspitzen der Kräftebedarf über Unternehmer kostengünstig abgedeckt werden kann. Dies gilt um so mehr, je verbreiteter ein marktzyklisches Angebotsverhalten ist. Die Erfahrungen mit Großkalamitäten (z. B. das Sturmereignis *„Wiebke“*) zeigen aber auch, dass das Arbeitskräfteangebot in diesen Situationen durch den Einsatz ausländischer Arbeitskräfte ausreichend ist.

beitet sein. In Zeiten mit hohem Arbeitsvolumen in anderen Bereichen[271] ist damit ein Polster geschaffen, um in den Pflegebereichen nicht in Rückstand zu geraten. Zur Ertragssteigerung sind zunächst die direkten Holzerntekosten zu reduzieren.[272] Zusätzlich sollten Ansätze zur Ertragssteigerung durch Erhöhung der nachhaltig nutzbaren Holzmenge, Optimierung der Wertleistung von Beständen und Einzelbäumen durch zielgerechte Dickungspflege, Durchforstung und Vorratspflege sowie durch eine wertorientierte, einzelbaumweise Holzernte in der Hauptnutzung weiterentwickelt werden.

5.2 Erhebung der naturalen Datengrundlagen

Wichtige Komponente und Grundlage der Simulation ist die naturale Ist-Situation des Forstbetriebes. Der naturale Datenstamm wird üblicherweise aus den Ergebnissen der Inventur bestehen. Je nach Informationsbedarf und betrieblicher Situation zählen dazu vorwiegend die Ergebnisse der Forsteinrichtung, die als klassische Bestandestaxation erhoben werden. Zunehmend bilden auch die Aufnahmeergebnisse von Betriebsinventuren auf Stichprobenbasis mit Aussagekraft für größere Befundeinheiten einen wertvollen Dateninput. Teilweise können auch beide Datensätze in einem Betrieb parallel vorliegen.[273] Diese umfangreiche naturale Informationsbasis wird häufig zu einer hohen Kostenbelastung führen. Idealerweise ist ein integriertes Inventurverfahren anzustreben, das zum einen statistisch abgesicherte Informationen für den Gesamtbetrieb und betrieblich relevante Bestandestypen liefert. Zum anderen sollte dieses gleichzeitig auch Informationen für einzelne Bestände bereitstellen, wie diese im Rahmen der waldbaulichen Einzelplanung üblich sind. Mit dem Verfahren der typenorientierten Kontrollstichprobe von BITTER u. MERREM (1996, 1998a) und BITTER (1998a) besteht eine Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen.

Ergänzend zu den Ergebnissen der Inventur kann die Menge der naturalen Betriebsdaten aus weiteren Quellen vervollständigt werden. Im engeren Sinne gehören dazu die Resultate der Standortserkundung sowie der Waldbiotop- und Waldfunktionenkartierung. Diese Informationen haben zusätzlich zum nummerischen Informationsgehalt einen strengen Raumbezug und sind idealerweise in ein geographisches Informationssystem zu integrieren. Je nach Modifikation der typenorientieren Kontrollstichprobe sind Luftbildinformationen, die insbesondere bei preisgünstiger Beschaffung das Gesamtverfahren kostengünstig ausfallen lassen, wichtiger Bestandteil des Konzeptes. Im weiteren Sinne sollen zu den naturalen Datengrundlagen auch die Ergebnisse des Betriebsvollzuges und der Holzbuchführung gezählt werden. Diese Daten bilden für die sich der Inventur anschließenden planerischen Überlegungen wertvolle Hin-

[271] Beispielsweise bei Kalamitätsereignissen oder günstiger Starkholzkonjunktur.
[272] Hierzu sind für unterschiedliche Durchmesserbereiche geeignete *„Arbeitsbestverfahren“* auszuwählen.
[273] Eventuell mit einer mehr oder weniger kurzen zeitlichen Entkopplung.

weise zu durchschnittlichen Entnahmemengen und Eingriffstypisierungen.[274] Damit können diese retrospektiven Daten die betrieblichen Waldbaurichtlinien (ANONYMUS, 1997) und Behandlungskonzepte zielorientiert ergänzen. Die Anlage von langfristigen Weiserflächen für die wichtigsten betrieblichen Bestandestypen stellt eine zusätzliche Informationsquelle dar. Abschließend soll noch auf die Nutzung von Datenbeständen, die im Rahmen der hochmechanisierten Holzernte anfallen, hingewiesen werden. Harvesteraufarbeitung und die EDV-gestützte Sortenaushaltung und Vermessung könnten wichtige Hinweise zu Bestandesparametern wie dem mittleren ausscheidenden BHD liefern.

Es ist offensichtlich, dass der Informationsbedarf der Forstbetriebe überaus umfangreich sein kann. Unter Beachtung des Zeit- und Kostenaufwandes der Datenerhebung ist die Datennutzung, verstanden als Informationsverarbeitung für betriebliche Planungs- und Entscheidungsaufgaben, häufig nur unzureichend entwickelt. Parallele Datenhaltung, eventuell in unterschiedlichen Systemen ohne eine hinreichende Vernetzung der Einzeldaten, ist Ressourcenverschwendung und nicht zielführend. Diese Verhältnis zwischen tatsächlich zur Verfügung stehenden Informationen und dem Informationsbedarf wird von SPEIDEL (1972: *S. 31*) als Informationsstand oder Informationsgrad bezeichnet.

Bereits BITTER (1990: *S. 66*) hat mit der Entwicklung eines forstlichen Betriebsinformationssystems (*f-BIS*) gezeigt, wie eine *„weiterentwickelte Datenbasis mit entsprechenden Zugriffsmöglichkeiten“* für Forstbetriebe erstellt und für Entscheidungsaufgaben genutzt werden kann. Vielfältige Weiterentwicklungen im Bereich der Informationstechnologie machen den Prozess der Datenerfassung einfacher als je zuvor. Allerdings sollte bei der Zielstellung *„Informationsausstattung im Forstbetrieb“* das ökonomische Prinzip Beachtung finden. SPEIDEL (1972) stellt dazu fest, dass nach Übersteigen eines mittleren Informationsgrades,[275] der durch eine weitere Information zu erzielende zusätzliche Nutzen nicht mehr im gleichen Maß, wie die damit verbundenen Kosten der Informationserhebung, ansteigt.

[274] Darunter werden unterschiedliche Entnahmemengen sowie deren Verteilung nach Durchmesserklassen im Vergleich zum verbleibenden Bestand verstanden.
[275] SPEIDEL (1972: *S. 28*) definiert den Informationsgrad als *„Das Verhältnis zwischen tatsächlich zur Verfügung stehenden Informationen und dem Informationsbedarf.“*

5.2.1 Planung und Durchführung der Betriebsinventur

Das bisherige Informationsangebot aus der Forsteinrichtung kann den Bedarf an statistisch abgesicherten Informationen hinsichtlich Holzvorrat und -zuwachs nicht abdecken. Als Grundlage für die Einführung eines zielgerechten Steuerungskonzeptes mit induktiver Ableitung von Entwicklungsalternativen ist im Untersuchungsbetrieb eine Kontrollstichprobe durchgeführt worden.

Wie bereits oben erwähnt, liefern die Inventurverfahren der bestandesweisen Forsteinrichtung eine Vielzahl von stets flächenbezogenen Kennzahlen. Da diese nur auf wenigen Messungen aufbauen, beinhalten die Kennzahlen jedoch nicht quantifizierbare Fehler. Flächenbezogene Verfahren weisen um so deutlichere Mängel auf, je stärker ein Betrieb durch gemischte und strukturreiche Bestockungen geprägt wird. Für einen fundierten Überblick über den aktuellen Ist-Zustand, der insbesondere auch treffende Aussagen zur Dimensions- und Qualitätsverteilung des Vorrats im Betrieb beinhalten sollte, wurde eine Stichprobeninventur durchgeführt. Zusätzlich sollten durch eine gezielte Aufnahme der Verjüngung aussagekräftige Informationen zur Verjüngungssituation im Betrieb vorgelegt werden. Bei der Gestaltung der Aufnahme war weiterhin zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse der Betriebsinventur Grundlage und Startsituation für anschließende Simulationsstudien bilden sollen.

Auf der Grundlage eines Stichprobenrasters kann auf einer begrenzten Probefläche eine systematische Vorratsaufnahme mit einem kalkulierbaren Aufnahmeaufwand und statistisch abgesichertem Fehlerrahmen erfolgen. Das konkrete Stichprobendesign ist im Vorlauf hinsichtlich der Ausgestaltung des Stichprobenrasters, des Probeflächendesigns sowie der aufzunehmenden Variablen zu entwerfen. Neben den üblichen Bestockungsinformationen, erhoben über die dendrometrischen Messgrößen, bieten sich eine Vielzahl von weiteren Aufnahmevariablen an. Diese sind eng auf die betriebliche Fragestellung abzustimmen, um ein hinreichendes Informationsangebot aus der Inventur zu filtern, gleichzeitig aber keine unnötigen Daten zu ermitteln.

Für den Untersuchungsbetrieb wurde das Verfahren einer permanenten Stichprobeninventur mit zusätzlicher Vorstratifizierung auf der Basis der Forsteinrichtungsdaten gewählt. Neben der eigentlichen Stichprobenpunktaufnahme wurde zusätzlich eine Typenkriterienansprache ausgehend vom Stichprobenpunkt vorgenommen. Das Gesamtverfahren soll im Folgenden als „*stratifizierte Kontrollstichprobe mit Typenkriterienansprache*“ bezeichnet werden.

Die Originalbelege der Kontrollstichprobe wurden an der TU Dresden EDV-technisch erfasst und in einer Datenbank abgelegt. Nach einer eingehenden Plausibilitätsprüfung wurden die

Daten mit Hilfe eines modularen datenbankgestützten Auswertungsprogramms[276] für die anschließenden Simulationsstudien weiterverarbeitet.

5.2.1.1 Inventurkonzept und Verfahrensablauf

Datengrundlagen aus früheren Inventuren haben für eine neuerliche Inventur und Kontrolle eine erhebliche Bedeutung. Es war daher ein Anliegen, dass diese Daten für die aktuelle Untersuchung zur Verfügung stehen. Als Ausgangsdaten für den Entwurf des Inventurdesigns, insbesondere für die Stratifizierung, sind die Ergebnisse einer früheren Forsteinrichtung verwendet worden. Eine Aktualisierung der Bestandesdaten ist nur dann erfolgt, wenn seit der letzten Forsteinrichtung eine flächige Nutzung vorgenommen wurde. Dann wurde die jeweilige Bestandesfläche der ersten Altersklasse zugewiesen.

Zum Aufbau einer umfassenden digitalen Datenbasis ist mit Hilfe des GIS ARC/Info das bestehende digitale Kartenwerk des Untersuchungsbetriebes nach einem notwendigen Formatwechsel zu einer geschlossenen Geo-Datenbasis erweitert worden. Neben den bereits vorliegenden Bestandes- und Standortskarten ist die Informationsbasis um die Ebene einer Stichprobenrasterkarte ausgeweitet worden. Diese Arbeitsschritte haben den Projektverlauf wesentlich erleichtert. Bereits im Vorfeld der Außenaufnahmen konnten unterschiedliche Verfahren der räumlichen Verteilung[277] des aus der Stratifizierung bestimmten Rasters simuliert werden.

5.2.1.2 Stichprobenraster und Stratifizierung

Die Kostenbelastung bei einer Betriebsinventur hängt ganz entscheidend von der Anzahl der Stichprobenpunkte ab, die im Betrieb aufgenommen werden sollen. Vielfach wird ein festes Erhebungsraster mit Kantenlängen zwischen 100 m und 200 m verwendet, entsprechend ist ein Stichprobenpunkt je 1 ha bzw. je 4 ha aufzunehmen (BITTER 1998b). Für den Untersuchungsbetrieb mit einer Holzbodenfläche von ca. 4.400 ha würden sich entsprechend 4.400 (1 ha-Raster) oder 1.100 (4 ha-Raster) Probepunkte ergeben.

SABOROWSKI u. DAHM (1996) zeigen allerdings, dass bei entsprechender Stratifizierung für die Zielgröße Gesamtvorrat bereits bei einer Stichprobenanzahl von 600–800 je Betrieb statistisch abgesicherte Auswertungsergebnisse zu erzielen sind. Sollen wie in diesem Fall neben Aussagen zum Gesamtvorrat auf der Ebene des Gesamtbetriebes auch für weitere Befundeinheiten mit deutlich geringeren Flächenumfängen statistisch abgesicherte Ergebnisse erzielt werden, muss der Stichprobenumfang erhöht werden. Der notwendige Stichprobenumfang ist

[276] Die Programmierung erfolgte in VBA für ACCESS 8.0. S. a. thar-SPI in Abbildung 13, S. 115.
[277] Dislozierung.

im Wege einer Vorstratifizierung in Abhängigkeit von der Variabilität der Bestockung und der erwünschten Fehlerwerte (Tab. 6) für die wesentlichen Zielkollektive bestimmt worden. Die Abschätzung der Variabilität von Bestockungen kann im Rahmen von Vorerhebungen über eine Vorstichprobe oder auch aus Luftbildauswertungen erfolgen.

Dadurch, dass noch vergleichsweise gut zutreffende Bestandesdaten aus einer früheren Forsteinrichtung zur Verfügung standen, erfolgte die Variabilitätsabschätzung für die Zielkollektive anhand dieser Datengrundlage. Somit hat die Optimierung des Erhebungsaufwandes über eine Stratifizierung auf Basis von vorliegenden Forsteinrichtungsdaten das Gesamtverfahren kostenseitig nicht weiter belastet. Einschränkend ist zu bemerken, dass bei dieser Stratifizierungsgrundlage vorrangig die Variabilität der Zielgröße (Volumen/ha) auf Bestandesebene, und nicht die Variabilität auf der Ebene der Stichprobenpunkte, geschätzt wird.

Zweifelsfrei liegt ein wesentlicher Informationsbedarf im Bereich der starken und damit wertvollen Bestände im Betrieb. Entscheidungsgrundlagen für die Nutzung dieses Vorratsanteiles zu gewinnen, sollte daher bei der Inventurkonzeption besondere Berücksichtigung finden. Aus diesem Grund wurde nicht eine einheitliche Genauigkeitsforderung für alle Bestockungsanteile, unabhängig von deren Wert, formuliert. Stattdessen ist für die Hauptbaumarten[278] eine umso höhere Sicherheit gefordert worden, je stärker die Bestandesglieder sind. Zur Festlegung eines geeigneten Schwellenwertes, der die Zielkollektive einer Baumart trennt, konnte ebenfalls auf die bereits vorliegenden Bestandesdaten in Verbindung mit den vorrangigen betrieblichen Fragestellungen zurückgegriffen werden. Für die Stratifizierung wurden folgende Zielkollektive mit entsprechenden Fehlervorgaben[279] ausgeschieden:

***Tab. 6**: Fehlerrahmen für die Hauptbaumarten, unterschieden nach Durchmesserklassen.*

Baumart	BHD-Klasse [cm]	Stichprobenfehler [%]
Fichte	***0–29***	***10***
	≥30	***5***
Buche	***0–29***	***10***
	≥30	***5***

Die durchgeführte Voruntersuchung zur Stratifizierung ergab bei den mitgeteilten Fehlervorgaben einen Gesamtumfang von knapp 1.400 Stichprobenpunkten für den Untersuchungsbetrieb.[280] Die Probepunkte werden dabei für die Hauptbaumartengruppen *„Nadel- “* und

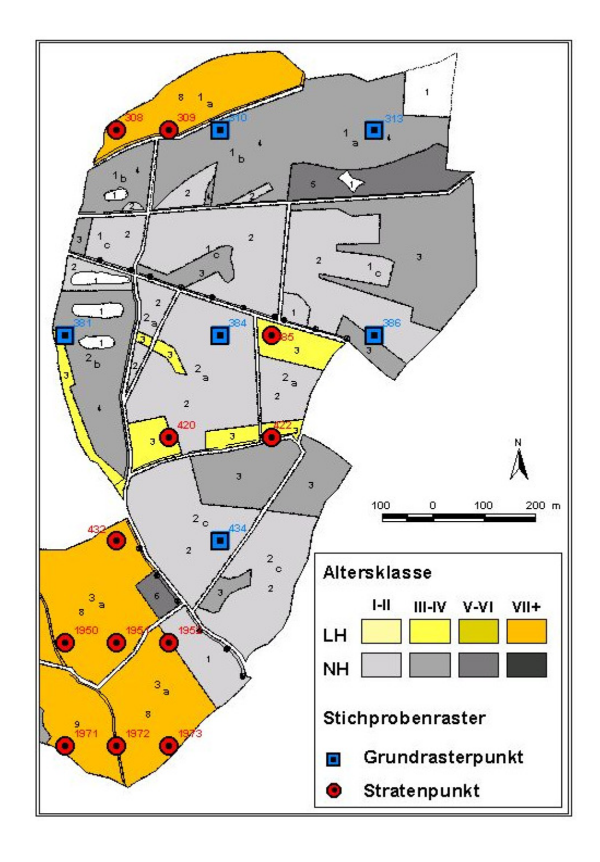
[278] Die dominierenden Baumarten sind die Fichte mit ca. 70 % und die Buche mit ca. 12 %, vgl. Abbildung 14, S. 117.

[279] Der Stichprobenfehler bezieht sich auf die Zielgröße Volumen/ha.

[280] Die Effizienz des Verfahrens nimmt mit steigender Betriebsgröße noch zu, so dass Repräsentanzwerte von beispielsweise 10 ha je Stichprobenpunkt erreicht werden können.

„Laubholz“ über jeweils vier Altersklassenstraten[281] verteilt (Abb. 15). Bei der endgültigen Entscheidung über die Stichprobenanzahl ist auch die zeitliche Dynamik der Waldentwicklung zu beachten. Für Bestockungsanteile, die zukünftig bedeutend sind und einen langfristig beständigen Bestockungstyp bilden, aber nur auf kleiner Fläche vorkommen, ist eine Verdichtung zu erwägen. Für den Untersuchungsbetrieb trifft dieses beispielsweise auf Eichen- und Edellaubholztypen zu, die auch längerfristig einen entsprechenden Flächenumfang im Betrieb ausmachen, und für die gleichsam Entwicklungsvarianten abgeleitet werden sollen.

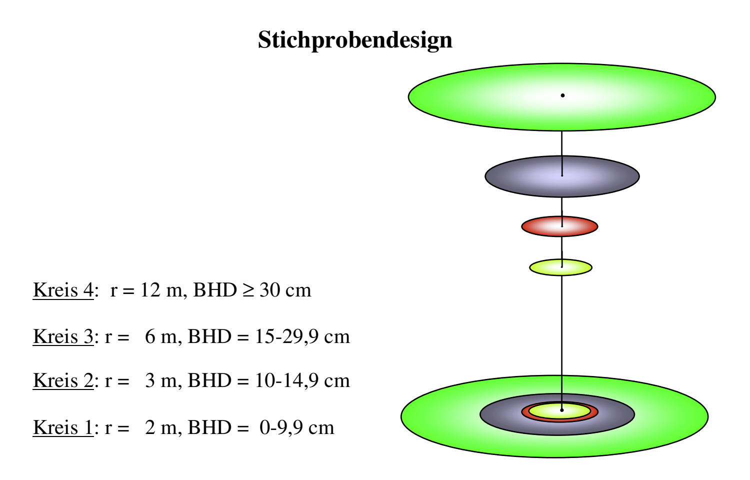
Abb. 15: Baumartenkarte mit Stichprobenraster. Zur abgesicherten Vorratsschätzung unabhängig von der Stratifizierung wird ein Grundraster verwendet. Zusätzlich zeigt die Abbildung ein variables Stichprobenraster für die jeweils vier ausgewiesenen Altersklassenstraten.



Mit einer periodisch zu erneuernden Stratifizierung sind gewisse Nachteile für einen längerfristigen Zeitvergleich verbunden, da je nach Flächenentwicklung der Bestockungsanteile Stichprobenpunkte wegfallen, die durch Neuaufnahmen ergänzt werden müssen. Die stratifizierte Betriebsinventur erbringt für das formulierte Untersuchungsziel[282] hinreichend geeignete Informationen, die allerdings noch nicht die langfristige Informationsbasis einer systematischen, permanent angelegten Stichprobeninventur erreichen können. Für die Verbindung beider Aspekte wurde für den Gesamtbetrieb zusätzlich die Verteilung von Probepunkten nach einem gleichmäßigen Raster angestrebt.

[281] Altersklassenstraten: I: 0–40 Jahre, II: 40–80 Jahre, III: 80–120 Jahre, IV: ≥120 Jahre.
[282] Möglichst aussagekräftige und kostengünstige ad-hoc-Informationen über die aktuellen Bestockungsverhältnisse.

Abb. 16: *Darstellung des verwendeten Stichprobendesigns zur naturalen Datenerhebung im Beispielbetrieb.*



Neben der Anzahl der Stichprobenpunkte ist die Probenflächenform, deren Größe, die für die verschiedenen Bestockungsbereiche aufzunehmenden Variablen sowie das eigentliche Erhebungsverfahren festzulegen. Um den Erhebungsaufwand zu begrenzen, werden häufig Kluppschwellen eingesetzt. Dadurch verringert sich die Anzahl an aufzunehmenden Bestandesindividuen erheblich, da nur bei Erreichen eines vorgegebenen Brusthöhendurchmessers ein Baum erfasst wird. Häufig werden die Kluppschwellen für verschiedene Kreisradien unterschiedlich definiert (Abb. 16). Mit zunehmender Entfernung vom Stichprobenmittelpunkt steigt die Kluppschwelle, so dass schwächere Bäume nur in den inneren Kreisradien erfasst werden und sich der Aufnahmeaufwand reduzieren lässt. Diese Verfahrensweise führt allerdings dazu, dass auf der Stichprobenfläche nicht alle tatsächlich vorhandenen Individuen erfasst werden. Dieser Umstand wirkt sich auf die weitere Verwendung der Probepunktinformationen als Startgrößen für computerbasierte Wachstumsmodelle aus.

Ein weiterer Aspekt bei der Verfahrensgestaltung ist darin zu sehen, dass bei der Verwendung von distanz- bzw. abstandsorientierten Wachstumsmodellen, wie in dieser Untersuchung durch Einsatz des Programms *SILVA* geschehen, möglichst für alle Bäume des Probepunktes Stammfußkoordinaten vorliegen sollten. Mit dem vorliegenden Probeflächendesign im Untersuchungsbetrieb werden allerdings nur die Stammfußkoordinaten in den Probekreisen 3 und 4 erfasst. Da die Kluppschwelle für den dritten Probekreis mit 15 cm gewählt ist, werden die wuchsbestimmenden Bestandesindividuen vergleichsweise umfassend erhoben. In Abschnitt 4.4.2.2.2.1[283] und Abschnitt 4.4.2.2.2.2[284] werden Verfahren beschrieben, wie mit den erfassten Baumindividuen in den Probekreisen 1 und 2, für die keine eingemessenen Koordinaten vorliegen, umgegangen wird. Auch die zahlenmäßige Ergänzung für alle Baumindividuen, die nicht über der Kluppschwelle für den Probekreis 4 liegen, und somit nicht als komplette Aufnahme am Stichprobenpunkt vorliegen, wird dort eingehender vorgestellt.

---

[283] Siehe hierzu S. 83.
[284] Siehe hierzu S. 84.

Die Anzahl der aufzunehmenden Variablen am Probepunkt richtet sich vor allem nach den betrieblichen Fragestellungen. Idealtypisch sollten mit den erhobenen Daten und der abgeleiteten Informationsbasis die vorrangigen Planungsaufgaben im Betrieb sowie die gewünschten Entscheidungshilfen vollständig abgedeckt werden können. Ein intensiver Dialog mit der Betriebsführung ist daher Voraussetzung, um den Variablenkatalog der Inventur festzulegen (Tab. 7). Neben dem Umfang des Variablenkatalogs ist der Aufwand zur Bestimmung der einzelnen Größen kritisch zu prüfen, da hierbei erhebliche, eventuell nicht notwendige Kostenbelastungen entstehen können. Intensives und auch bei guter technischer Ausstattung lang andauerndes Messen einzelner Baumhöhen kann reduziert werden, wenn lediglich wenige Einzelhöhen bestimmt werden und ansonsten Höhenkurven Verwendung finden.

Sollen die Inventurdaten auch für weitergehende betriebliche Kalkulationen sowie aufwendige Wachstumssimulationen verwendet werden, sind auch diese nachgelagerten Verfahrensschritte bereits bei der Inventurplanung zu berücksichtigen. Insbesondere die Lagebestimmung aller Bäume am Plot kann durch die Feststellung von Azimut und Distanz zu erheblichen Mehraufwendungen führen. Hierbei ist das aus Sicht der Wachstumssimulation wünschenswerte Erfassen aller Baumindividuen mit Stammfußkoordinaten dem Mehraufwand einer Lagebestimmung über den 3. und 4. Probekreis hinaus gegenüberzustellen.

Mit den erhobenen Variablen im Untersuchungsbetrieb wird primär das Ziel verfolgt, den Holzvorrat nach Volumen und Güte statistisch abgesichert zu ermitteln. Zusätzlich werden als wichtige Eingangsgröße für die Wachstumssimulation an repräsentativen Bäumen die Kronenansätze angesprochen. Eine wichtige betriebliche Fragestellung ist die Einschätzung der Verjüngungssituation. Im Zentrum des Probepunktes wird auf einer Kreisfläche mit einem Radius von 2 m nach Baumarten getrennt und unter Differenzierung nach Höhenstufen[285] eine intensive Verjüngungsinventur durchgeführt.

[285] Bis 0,5 m, bis 1,3 m, bis 3,0 m und über 3,0 m.

Tab. 7: Übersicht über die Kreisradien, Kluppschwellen und Variablen bei der Stichprobeninventur (BITTER u. MERREM, 1998a: S. 1415).

Aufnahmekriterium	Probekreis			
	1	**2**	**3**	**4**
Probekreisradius [m]	2,0	3,0	6,0	12,0
Kluppschwellen [cm][5]	0–9,9	10,0-14,9	15,0-29,9	≥30,0
Baumart	x	x	x	x
Anzahl der Bäume	summarisch	Einzelerfassung		
Azimut [gon], Distanz [dm]	-------------	-------------	x	x
Alter [a]	Fortschreibung oder Schätzung			
Entstehung	4 Stufen[1]			
BHD [mm]	-------------	x	x	x
Höhe [dm]	4 Stufen[2]	Orientierende Höhenmessungen		
Kronenansatz	-------------	-------------		
Güte	-------------	-------------	Fichte B, C, D sowie Buche B, C	
Schäden	3 Arten[3]	23 Arten, 3 Schadstufen		
Schutz	8 Arten	-------------	-------------	-------------
Vertikaler Strukturtyp	6 Typen[4]			

[1] Naturverjüngung, Stockausschlag, Pflanzung, Saat
[2] 0–50 cm, 50–130 cm, 130–300 cm (wenn BHD<10 cm), >300 cm (wenn BHD <10 cm)
[3] Verbiss, gefegt, sonstiger Schaden
[4] Oberstand, Unterstand, Unterstand aus Hauptbestand, Verjüngungsvorrat, Überhälter, Plenterstruktur
[5] s. a. Abbildung 16

Im Verfahrenskonzept der typenorientierten Kontrollstichprobe wird auf eine Typenausweisung bereits bei der Inventur verzichtet, erst während der Auswertung wird eine Bestandestypenbildung vorgenommen. Dabei handelt es sich verfahrensbedingt nicht um eine starre Ausweisung von Einzeltypen, sondern um nach der Fragestellung differenzierte und flexibel zu bildende Auswerteeinheiten. Während der Außenaufnahmen ist deshalb keine Typenansprache, sondern eine Typenkriterienansprache vorzunehmen.

Tab. 8: Übersicht über die angesprochenen Typenkriterien, deren Merkmalsausprägungen und das entsprechende Skalenniveau sowie die Möglichkeit zur weiteren Zusammenfassung (Aggregate).

	Typenmerkmal	Merkmals-ausprägung	Skalenniveau	Aggregate
Baumarten-mischung	Hauptbaumart		nominal	Licht-/Schattbaumart
	Hauptbaumartenanteil	100–91 % 90–81 % 80–71 % 70–51 % 50–0 %	ordinal	
	Mischbaumart		nominal	Licht-/Schattbaumart
	Mischbaumartenanteil	5–10 % 11–15 % 16–20 % 21–30 % 31–50 %	ordinal	
	Mischungsform	stammweise truppweise gruppenweise horstweise reihen-/streifenweise 1 Horst	nominal	
Bestandes-struktur	Flächendeckung Oberstand	100–76 % 75–51 % 50–21 %	ordinal	Licht-/Schattbaumart
	Wuchsklasse[1]	Kult./Jungwuchs Dickung Stangenholz Baumholz Altholz	nominal	
	Unterstandsbaumarten		nominal	Licht-/Schattbaumart Unterstand u. Verjüngung
	Flächendeckung Unterstand	100–76 % 75–51 % 50–21 % 20–11 % 10–5 %	ordinal	
	Verjüngungsbaumarten		nominal	Licht-/Schattbaumart Unterstand u. Verjüngung
	Flächendeckung Verjüngung	100–76 % 75–51 % 50–21 % 20–11 % 10–5 %	ordinal	
	Überhaltsbaumarten		nominal	
	Flächendeckung Überhalt	20–11 % 10–5 %	ordinal	
	Plenterwald		nominal	
	Flächendeckung Plenterwald	100–76 % 75–51 % 50–21 % 20–11 % 10–5 %	ordinal	
	ungleichaltrig	kleinflächig ungleich-altrig	nominal/binär	
Gefährdung	Stabilität	sehr labil	nominal/binär	
	Schäden	langfristig bedeutsam geschädigt	nominal/binär	
Wert	Wertklasse	Wertklasse 1 oder 2	nominal/binär	

[1] des Oberstandes

Die Typenkriterien sind dabei die für eine spätere Bildung von Auswerteeinheiten nach Bestandestypen erforderlichen Variablen. Die erfassten Merkmalskriterien sind der Tabelle 8 zu entnehmen. Der Fokus bzw. die Bezugsfläche für die Typenkriterienansprache liegt, ausge-

hend von der Probefläche, auf dem gesamten vom Stichprobenpunkt aus einsehbaren und für eine Bestandesausscheidung relevanten Flächenbereich. Wird der Stichprobenpunkt erkennbar durch eine Bestandesgrenze geschnitten, ist für beide Bestände eine getrennte Typenkriterienansprache vorzunehmen. Für den Untersuchungsbetrieb liegen bei 1.398 Probepunkten 1.623 Typenkriterienansprachen vor. Daraus ist ersichtlich, dass an 225 Stichprobenpunkten eine Bestandestrennung vorgenommen wurde. Dabei handelt es sich überwiegend um Flächen im Bereich der Hauptnutzung, auf denen bereits die nachfolgende Bestandesgeneration einen Teil der Fläche einnimmt.

5.2.2 Datenauswertung der Betriebsinventur

Zur Datenauswertung wird im Rahmen der Untersuchung ein Modul eingesetzt, das sich auf eine Datenbank mit den erhobenen Inventurdaten stützt. Nach einer eingehenden Plausibilitätsprüfung liegen die Urdaten mit den Informationen für jeden einzelnen Probepunkt vor. Die Datenaufbereitung erfolgt getrennt nach allgemeinen Adress- und Standortsinformationen [*StpnInfo.**] sowie differenziert für den konzentrischen Probekreis 1 [*PkNv.**] mit den summarischen Daten der Verjüngungsinventur und den übrigen einzelbaumweise erhobenen Probekreisen 2 bis 4 [*PkDaten.**]. Die Aufnahmeergebnisse der Typenkriterienansprache liegen in zwei Tabellen vor. In der Datei [*Typkri.**] sind bis auf die angesprochenen Mischbaumarten [*Typkri1.**] alle Informationen aus der Kriterienansprache abgelegt. Aufgrund von Bestandestrennungen ist die Anzahl der Datensätze in der Datei [*Typkri.**] größer als in der Tabelle Datei [*StpnInfo.**].

Die Inventurdateien werden durch einige zusätzliche Schlüsseldateien ergänzt, in denen u. a. Baumartenkennungen, Schadensarten und die Variablen der Typenkriterienansprache codiert sind. Parameter für Standraumflächen- und Volumenberechnung, zur Höhenergänzung sowie die Kreisgrößen der einzelnen konzentrischen Probekreise sind ebenfalls in Tabellen hinterlegt, um z. B. Änderungen von Formzahlen, Höhenkurvenfunktionen und Kreisgrößen flexibel vornehmen zu können.

Standardmäßig wird die Inventur für die Befundeinheit *„Gesamtbetrieb"* ausgewertet. Darüber hinaus ist für den Untersuchungsbetrieb eine differenzierte Auswertung nach Revieren wünschenswert. Für hierarchische sowie Einzelabfragen zur Auswertung nach Bestandestypen wird eine spezielle Datenbankapplikation eingesetzt, mit der entsprechende Abfragen zu den Ausgangsdaten erfolgen. Neben diesen Einzelabfragen wird mit Hilfe mathematisch-

statistischer Verfahren[286] der komplette Datenbestand der Stichprobenpunkte anhand der Ergebnisse aus der Typenkriterienansprache in eine Gruppierung überführt.

5.2.2.1 Allgemeine Berechnungsverfahren und Gesamtauswertung

In der Datei mit den einzelbaumweisen Aufnahmeergebnissen der konzentrischen Probekreise 2 bis 4 werden zunächst die fehlenden Einzelbaumdaten ergänzt. Soweit die Baumhöhen nicht gemessen worden sind, werden fehlende Werte durch funktionalen Ausgleich mittels lokaler Höhenkurven ergänzt (SLOBODA et al., 1993).[287] Anschließend kann für jeden Einzelbaum das Volumen unter Verwendung entsprechend in der Datenbank abgelegter Formzahlen berechnet werden. Darauf folgend werden für jeden Stichprobenpunkt, gegliedert nach Baumartengruppen,[288] Altersklassen und vertikalem Strukturtyp, die Ergebnisse berechnet und in der Datei [*StpnErg.**] abgespeichert. Diese Datei bietet damit die Grundlage zur Auswertung nach Befundeinheiten. Als Ergebnisdarstellung werden grundsätzlich folgende Informationen für jede Befundeinheit aufbereitet:

- **Altersklassenübersicht** nach Baumartengruppen und Altersklassen[289]
- **Vorratsübersicht** nach Baumartengruppen und Altersklassen bzw. Wuchsklassen
- **Holzvorratsstruktur** nach Baumartengruppen und Altersklassen bzw. Wuchsklassen differenziert nach BHD-Klassen[290] und Güteklassen[291]
- **Stammzahlverteilung** nach Baumartengruppen und Altersklassen bzw. Wuchsklassen, differenziert nach BHD-Klassen und Güteklassen

Die Daten der Datei [*PkNv.**] mit den summarischen Aufnahmeergebnissen der Verjüngung werden separat ausgewertet. Die verjüngte Fläche wird ebenfalls getrennt nach Baumartengruppen berechnet. Eine Fläche gilt als verjüngt, wenn eine festgelegte Mindestpflanzenzahl[292] vorhanden ist. Die Grenzwerte sind beliebig anzupassen und in einer Parameterdatei hinterlegt. Der Quotient aus tatsächlicher Verjüngungspflanzenzahl und Grenzwert kennzeichnet den Deckungsgrad. Der Deckungsgrad beschreibt nicht nur eine jeweilige Unter- oder Überausstattung an Verjüngung, sondern macht u. a. den mittleren Aufwand für Pflegemaßnahmen im Bereich der Jungwuchs- und Dickungspflege kalkulierbarer und kann für die

---

[286] Siehe hierzu Abschnitt 4.3.1.2, S. 63.
[287] Bei diesem Verfahren werden Höhenkurven in Form von MICHAILOFF-Gleichungen entwickelt (DIETZE, 1995). Dieser funktionale Ansatz (Einheitshöhenkurve nach SLOBODA) ist u. a. auch in dem Programm *BWINPro* integriert (NAGEL, 1999b). Zur Verwendung anderer Funktionen zum rechnerischen Ausgleich von Bestandeshöhenkurven siehe RÖHLE (1995: *S. 62*) oder NAGEL (1999b).
[288] Für den Untersuchungsbetrieb wurden insgesamt 9 Baumartengruppen ausgewiesen, dazu zählen Fichte, Douglasie, Kiefer, Lärche, sonstiges Nadelholz, Eiche, Buche, sonstiges Hartlaubholz und Weichlaubholz.
[289] Als Grundeinstellung im Programm werden 20-jährige Altersklassen verwendet, die allerdings auch verändert werden können, wenn z. B. ein Interesse an der Darstellung von 10-jährigen Altersstufen besteht.
[290] Mit der Grundeinstellung werden Ergebnisse für 4 cm BHD-Klassen berechnet. Eine individuelle Anpassung ist möglich.
[291] Es werden die Güteklassen A bis D unterschieden.
[292] Die Mindestpflanzenzahl muss dabei aus ungeschädigten Individuen bestehen.

Ableitung von Behandlungsvarianten im Rahmen der Hauptnutzung wertvolle Hinweise geben.

Da als Aufnahmevariable auch die Schadarten angesprochen und Höhenstufen differenziert werden, lassen sich weitergehende Aussagen zur Verjüngungssituation im Betrieb ableiten. Als Ergebnis sind grundsätzlich folgende Informationen für jede Befundeinheit darstellbar:

- **Verjüngungsvorrat** nach Baumartengruppen und Altersklassen, differenziert nach Höhenstufen und Verbiss-Schäden
- **Verjüngungsvorrat** nach Baumartengruppen und Altersklassen in Bezug zur wichtigsten Oberstandbaumart[293]

5.2.2.2 Typenkataloge als Ergebnis der Clusteranalyse

In den folgenden Abschnitten werden die Typenkataloge für die Bestandesklasse[294] *„Fichte“* und *„Buche“* als Ergebnisse der Clusteranalyse vorgestellt. Die Datengrundlage für die Klassifikation sind die Ergebnisse der Typenkriterienansprache, die an jedem Stichprobenpunkt erfolgt. Die Tabelle 9 zeigt einige wesentliche Ergebnisse der Typenkriterienansprache.

***Tab. 9**: Verteilung der Typenkriterienansprache auf die Baumartengruppen „Fichte“ und „Buche“, gegliedert nach Wuchsklassen und Mischungsanteilsgruppen.*

Mischungsanteil	**Wuchsklasse**	**Belegung nach Baumartengruppe**	
		Fi	**Bu**
91 bis 100 %	**3**	81	13
	4	281	135
	5	188	195
51 bis 90%	**3**	39	12
	4	186	101
	5	178	113
0 bis 50%	**3**		
	4	4	1
	5	11	3
Anzahl Typenkriterienansprachen		**964**	**569**
Fläche der Bestandesklasse (inklusive Wuchsklasse 1 und 2) [ha]		**3.599**	**512**
Fläche der Bestandesklasse (bezogen auf Gesamtfläche von 4.400 ha) [%]		**82,3**	**11,7**

Nach Ausweisung der Hauptcluster (Tab. 10), zu deren Trennung die Typenkriterien *„Hauptbaumart“*, *„Hauptbaumartprozent“* und *„Wuchsklasse“* Verwendung finden, werden durch

[293] Die Auswertung beschränkt sich aufgrund der betrieblichen Dominanz von Fichte und Buche auf diese beiden Oberstandsbaumarten.

[294] Definition der Bestandesklasse nach KRAMER (1985: *S. 15*): *„Die Bestandesklasse umfasst Bestände mit gleicher Hauptbaumart und gleicher Umtriebszeit.“*

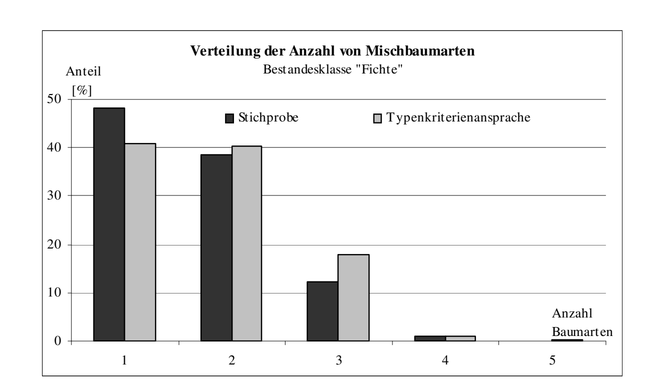
ein clusteranalytisches Verfahren für die Bestandesklassen *„Fichte"* und *„Buche"* vollständige Typenkataloge[295] gebildet.

***Tab. 10**: Übersicht über die 13 Hauptcluster, die mit Hilfe der Clusteranalyse weitergehend partitioniert werden.*

Nr. des Hauptclusters	Hauptbaumart	Hauptbaumart-prozent	Wuchsklasse	Anzahl der clusteranalytisch gebildeten Subcluster
1	Fichte	91 bis 100 %	Stgh -3-	2
2			Bmh -4-	4
3			Alth -5-	7
4		51 bis 90 %	Stgh -3-	2
5			Bmh -4-	5
6			Alth -5-	6
7		0 bis 50 %	Alth -5-	---
8	Buche	91 bis 100 %	Stgh -3-	---
9			Bmh -4-	4
10			Alth -5-	4
11		51 bis 90 %	Stgh -3-	---
12			Bmh -4-	2
13			Alth -5-	2

Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

Nach Datensichtung und Vorstudien mit einer Auswahl unterschiedlicher Ansprachekriterien haben sich die Typenkriterien *„Mischungsbaumart"*, *„Deckungsgrad"* und *„Verjüngung"* als geeignete Trennvariablen zur weiteren Partitionierung der Hauptcluster erwiesen. Standörtliche Merkmale werden bei der Klassifizierung nicht berücksichtigt.



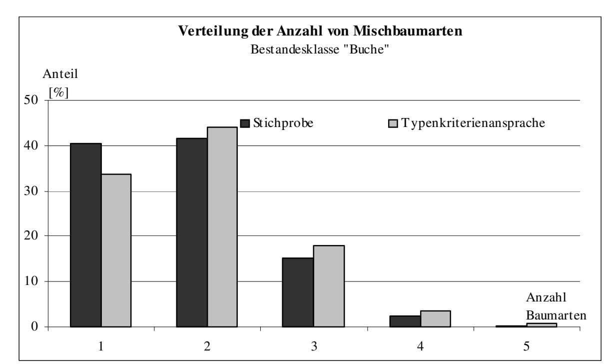


***Abb. 17**: Prozentuale Verteilung der Anzahl von Mischbaumarten je Stichprobenpunkt und Typenkriterienansprache für die Bestandesklasse „Fichte" und „Buche".*

[295] Die vollständigen Typenkataloge werden im Folgenden als Bestandesklassen *„Fichte"* und *„Buche"* bezeichnet.

Für die gesamtbetriebliche Auswertung werden 9 Baumartengruppen gebildet, dementsprechend können maximal 8 Baumartengruppen als *„Mischungsbaumart“* bei der Clusteranalyse berücksichtigt werden. Die Durchführung der Clusteranalyse mit dieser theoretisch maximal möglichen Anzahl an Baumartengruppen ist nach einer ersten Sichtung der Ansprachеergebnisse nicht sinnvoll und notwendig (Abb. 17). Die Anzahl der Mischbaumartengruppen konnte ohne Verlust an Trennschärfe erheblich reduziert werden (Abb. 18):

- Für die Bestandesklasse ***„Fichte“*** sind als Mischbaumarten die Baumartengruppen *„Kiefer“, „sonst. Ndh.“* und *„Buche“* maßgeblich.
- Für die Bestandesklasse ***„Buche“*** wird die Berücksichtigung von *„Fichte“*, *„Kiefer“* und *„sonstigem Hartlaubholz“* als Mischbaumartengruppen gewählt.

Weil für die beiden untersuchten Bestandesklassen unterschiedliche Mischbaumarten bei der Clusteranalyse Berücksichtigung finden, wird diese für die beiden Bestandesklassen getrennt voneinander durchgeführt.

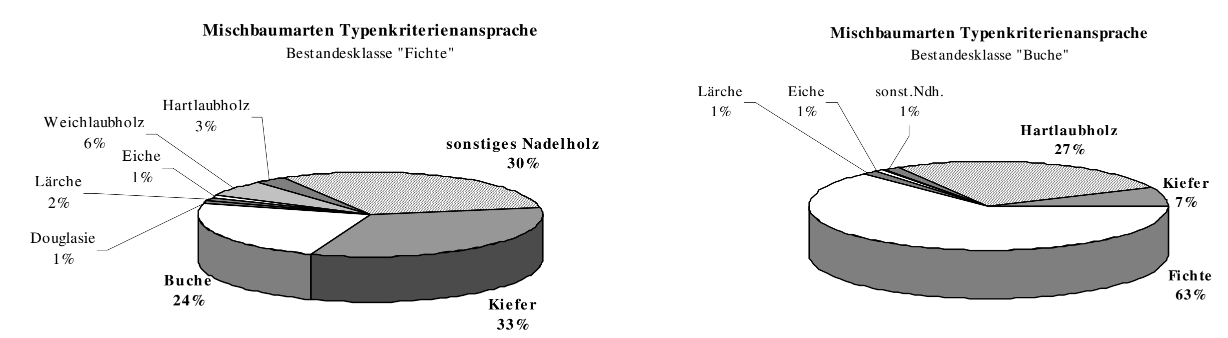


Abb. 18*: Verteilung der Mischbaumarten auf Baumartengruppen für die Bestandesklasse „Fichte“ und „Buche“.*

5.2.2.2.1 Typenkatalog für die Bestandesklasse „*Fichte*“

Für die Bestandesklasse „*Fichte*“ liegen insgesamt 964 Typenkriterienansprachen vor, die einen Datenbezug zu 921 Stichprobenpunkten besitzen. Die Differenz entsteht durch 43 Bestandestrennungen. Bei Bestandestrennungen wird nur das Teilkollektiv am Stichprobenpunkt zum entsprechenden Subcluster gezählt, das auch der Typenkriterienansprache entspricht. Aus den 7 Hauptclustern bei der Fichte errechnen sich als Ergebnis der Clusteranalyse 27 Subcluster. Die Kurzcharakteristik sowie der Flächenanteil der einzelnen Subcluster können der Tabelle 11 entnommen werden.

***Tab. 11**: Beschreibung und Flächenumfang der aus den 7 Hauptclustern der Bestandesklasse Fichte gebildeten Subcluster.*

Haupt-cluster (Wk)	**Subcluster – F I C H T E**			
	Bez.	**N**[1]	**Beschreibung**	**Flächenumfang** [ha]
1 (Stgh)	*a*	*63*	Fi-Reinbestände ohne Verj.	341,9
	b	*18*	Fi-Reinstände ohne Verj., mit Bu-Beimischung	104,6
2 (Bmh)	*a*	*39*	Fi-Reinbestände, ohne Verj., mit Ki-Beimischung	146,7
	b	*19*	Fi-Reinbestände, mit Fi-Verj., mit Ki-Beimischung	61,5
	c	*185*	Fi-Reinbestände, ohne Verj.	796,6
	d	*38*	Fi-Reinbestände, mit Fi-Verj.	126,3
3 (Alth)	*a*	*14*	Fi-Reinbestände, ohne Verj., Flächendeckung<=75 %	35,1
	b	*12*	Fi-Reinbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung<=75 %	30,1
	c	*14*	Fi-Reinbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung<=75 %, mit Ki-Beimischung	40,5
	d	*72*	Fi-Reinbestände, ohne Verj., Flächendeckung>75 %	192,5
	e	*20*	Fi-Reinbestände, ohne Verj., Flächendeckung>75 %, mit Bu-Ki-Beimischung	48,9
	f	*39*	Fi-Reinbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung>75 %	97,8
	g	*17*	Fi-Reinbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung>75 %, mit Bu-Ki-Beimischung	39,6
4 (Stgh)	*a*	*20*	Fi-Bu-Mischbestände ohne Verj.	100,2
	b	*19*	Fi-sonst.Ndh.-Ki-Mischbestände ohne Verj.	73,3
5 (Bmh)	*a*	*51*	Fi-Ki-Mischbestände, ohne Verj.	152,3
	b	*36*	Fi-sonst.Ndh.-Mischbestände, ohne Verj.	84,6
	c	*38*	Fi-Bu-Mischbestände, ohne Verj.	182,3
	d	*22*	Fi-Ki-Mischbestände, mit Fi-Verj.	64,5
	e	*39*	Fi-sonst.Ndh.-Bu-Mischbestände, mit Fi-Verj.	77,4
6 (Alth)	*a*	*31*	Fi-Ki-Mischbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung<=75 %	63,2
	b	*22*	Fi-Bu-Mischbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung<=75 %	47,2
	c	*23*	Fi-Bu-Mischbestände, ohne Verj., Flächendeckung>75 %	38,6
	d	*27*	Fi-sonst.Ndh.-Ki-Mischbestände, ohne Verj., Flächendeckung>75 %	71,0
	e	*46*	Fi-Ki-Mischbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung>75 %	97,0
	f	*29*	Fi-sonst.Ndh-Bu-Mischbestände, mit Fi-Verj., Flächendeckung>75 %	56,9
7 (Alth)	*a*	*11*	Fi-sonst.Ndh-Ki-Mischbestand, mit Fi-Verj	23,8

[1] Anzahl der Typenkriterienansprachen
Wk = Wuchsklasse; Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

Der Flächenumfang der Fichten-Subcluster beträgt 3.195 ha, was einem Anteil von 73 % an der Gesamtbetriebsfläche entspricht. Der Flächenumfang der einzelnen Subcluster liegt zwischen 24 ha und 797 ha[296] (Abb. 19 und Abb. 20). Als Mittelwert errechnen sich 118 ha. Die Belegungsrate schwankt zwischen 11 und 185 Bestandesansprachen. Im Mittel sind 37 Bestandesansprachen in einem Subcluster zusammengefasst.

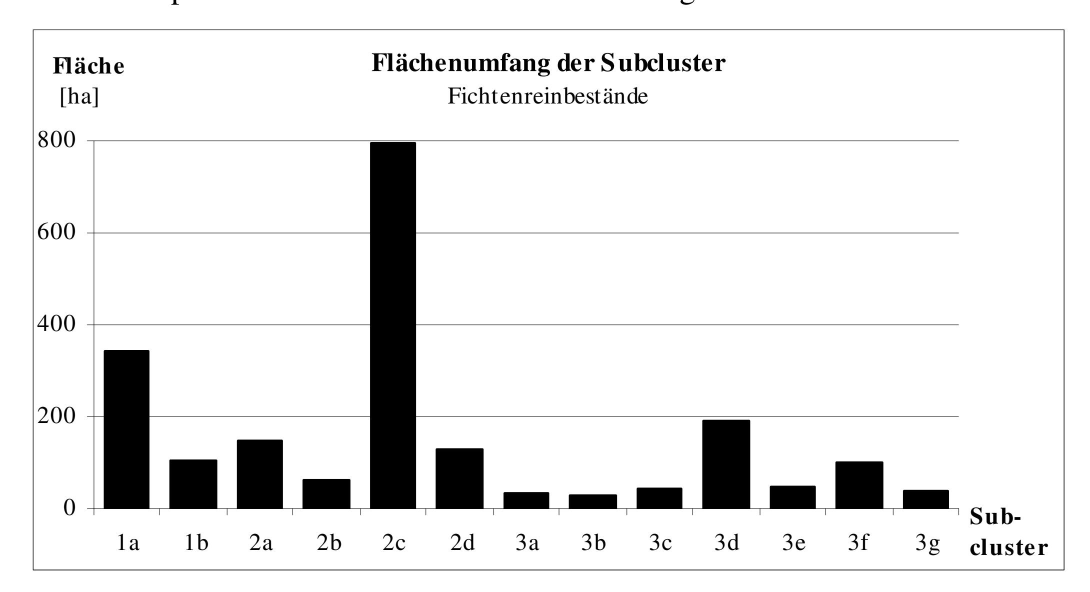


***Abb. 19**: Übersicht über den Flächenumfang der einzelnen Subcluster (Fichtenreinbestände) aus der Tabelle 11.*

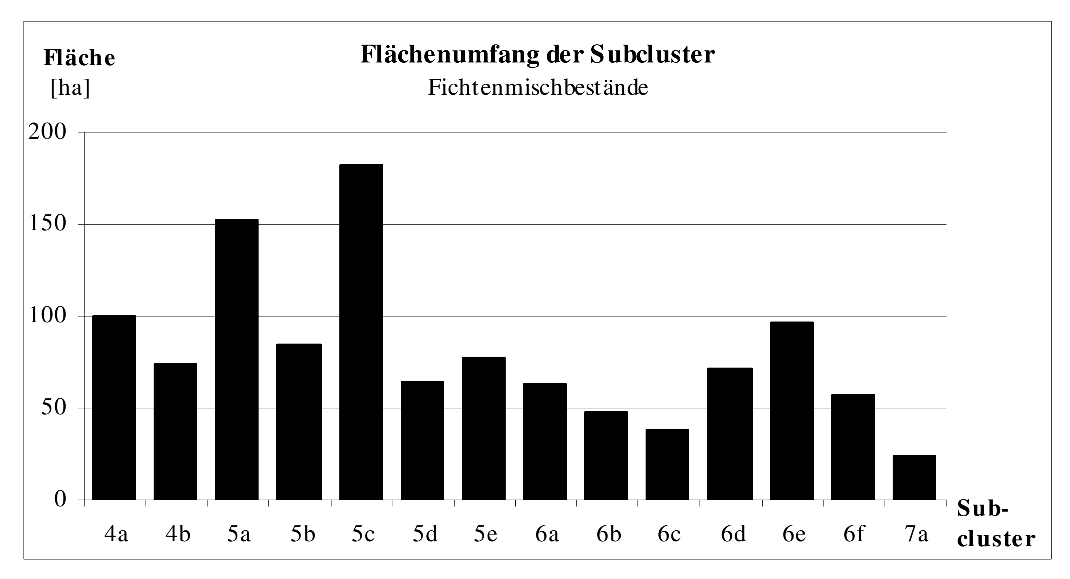


***Abb. 20**: Übersicht über den Flächenumfang der einzelnen Subcluster (Fichtenmischbestände) aus der Tabelle 11.*

[296] Der Flächenumfang der einzelnen Subcluster unterscheidet sich bei den Fichtentypen und noch deutlicher bei den Buchentypen von der Mindestfläche von 300 bis 500 ha, die von PALMER (1996) mitgeteilt werden (s. a. S. 50). Dabei ist allerdings zu beachten, dass PALMER (1996) von einer gleichmäßigen Stichprobenrepräsentanz von 2 ha ausgeht und die genannte Fläche für einen WET gilt. Dieser wird üblicherweise in weitere Teilelemente unterteilt, für die ebenfalls noch statistisch abgesicherte Aussagen erwartet werden. Für weitere Untersuchungen bietet es sich auch bei der Ausweisung von typentypischen Beständen an, eine Mindeststich-

Um die Bestandesklasse *„Fichte“* zu vervollständigen sind in der Tabelle 12 die Flächenanteile für die Wuchsklassen *„Jungwuchs“* und *„Dickung“* angegeben. Beide Wuchsklassen werden zwar nicht mit *SILVA* fortgeschrieben, können dennoch bei betriebswirtschaftlichen Kalkulationen berücksichtigt werden. Für eine differenzierte Kostenkalkulation bei Maßnahmen der Jungwuchs- und Dickungspflege wird zwischen Reinbestand und Mischbestand unterschieden.

***Tab. 12**: Flächenanteile der Wuchsklassen 1 (Jungwuchs) und 2 (Dickung) für die Bestandesklasse „Fichte“.*

N	Beschreibung	Flächenumfang [ha]
21	Jungwuchs, Reinbestände	49,9
20	Jungwuchs, Mischbestände	57,8
47	Dickung, Reinbestände	203,1
21	Dickung, Mischbestände	81,4

probenzahl über statistische Verfahren abzuleiten.

5.2.2.2.2 Typenkatalog für die Bestandesklasse „*Buche*“

Durch clusteranalytische Gruppierung entstehen aus den 569 Typenkriterienansprachen[297] (Tab. 9) für die drei Wuchsklassen „*Stangenholz*“[298], „*Baumholz*“[299] und „*Altholz*“[300] insgesamt 14 Subcluster. Deren Kurzcharakteristik zeigt die Tabelle 13. Die 14 Subcluster werden in 6 Hauptcluster zusammengefasst, die in der Tabelle 10 zusammengestellt sind.

***Tab. 13**: Beschreibung und Flächenumfang der aus den 6 Hauptclustern der Bestandesklasse Buche gebildeten Subcluster.*

Haupt-cluster (Wk)	**Subcluster – B u c h e**			
	Bez.	**N**	**Beschreibung**	**Flächenumfang** [ha]
8 (Stgh)	*a*	*13*	Bu-Reinbestände, ohne Verj.	26,6
9 (Bmh)	*a*	*29*	Bu-Reinbestände, ohne Verj.	17,4
	b	*50*	Bu-Reinbestände, mit Verj.	26,1
	c	*34*	Bu-Reinbestände, ohne Verj., mit Fi-Beimischung	31,7
	d	*22*	Bu-Reinbestände, mit Verj., mit Fi-Beimischung	13,4
10 (Alth)	*a*	*41*	Bu-Reinbestände, ohne Verj.	20,6
	b	*85*	Bu-Reinbestände, mit Verj.	45,7
	c	*16*	Bu-Reinbestände, ohne Verj., mit Fi-Beimischung	8,1
	d	*53*	Bu-Reinbestände, mit Verj., mit Fi-Beimischung	26,8
11 (Stgh)	*a*	*12*	Bu-Fi-Mischbestände, ohne Verj.	37,1
12 (Bmh)	*a*	*56*	Bu-Fi-Mischbestände, ohne Verj.	79,1
	b	*45*	Bu-Fi-Mischbestände, mit Verj.	43,3
13 (Alth)	*a*	*35*	Bu-Fi-Mischbestände, ohne Verj.	26,0
	b	*78*	Bu-Fi-Mischbestände, mit Verj.	59,4

Wk = Wuchsklasse; Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

Der Flächenumfang der Buchen-Subcluster beträgt 461 ha, was einem Anteil von 10 % an der Gesamtbetriebsfläche entspricht. Aus der Gliederung von Haupt- und Subcluster ergibt sich, dass einige Hauptcluster – z. B. 8 und 11 – nicht weiter in Subcluster partitioniert werden. Andere Hauptcluster werden in zwei oder vier Subcluster untergliedert (Tab. 10 und Tab. 13). Die Anzahl der Typenkriterienansprachen reicht von 12 Anspracheergebnissen für Subcluster 11a bis zu 85 Typenkriterienansprachen für Subcluster 10b. Dass die Anzahl der Typenkriterienansprachen und der Flächenumfang für die einzelnen Subcluster nicht in einem einheitlichen Verhältnis zueinander stehen, ist durch unterschiedliche Rasterweiten begründet.

[297] Die im Vergleich zur Fichte recht hohe Anzahl ergibt sich aus der Stratifizierung und der damit höheren Anzahl an Stichprobenpunkten in der Buche. Außerdem ist der Anteil von Stichprobenpunkten mit Bestandestrennungen bei der Buche höher als bei der Fichte.
[298] Oberhöhe über 12 m bzw. bei Laubholz grünastfreie Schaftlänge über 8 m und mittlerer BHD der Z-Bäume unter 25 cm.
[299] Mittlerer BHD der Z-Bäume mindestens 25 cm.
[300] Baumholz in Verjüngung oder bei Erreichen des Zieldurchmessers.

Der Flächenumfang der einzelnen Subcluster schwankt zwischen 8 ha und 80 ha. Einen graphischen Überblick über die Flächenumfänge bietet die Abbildung 21.

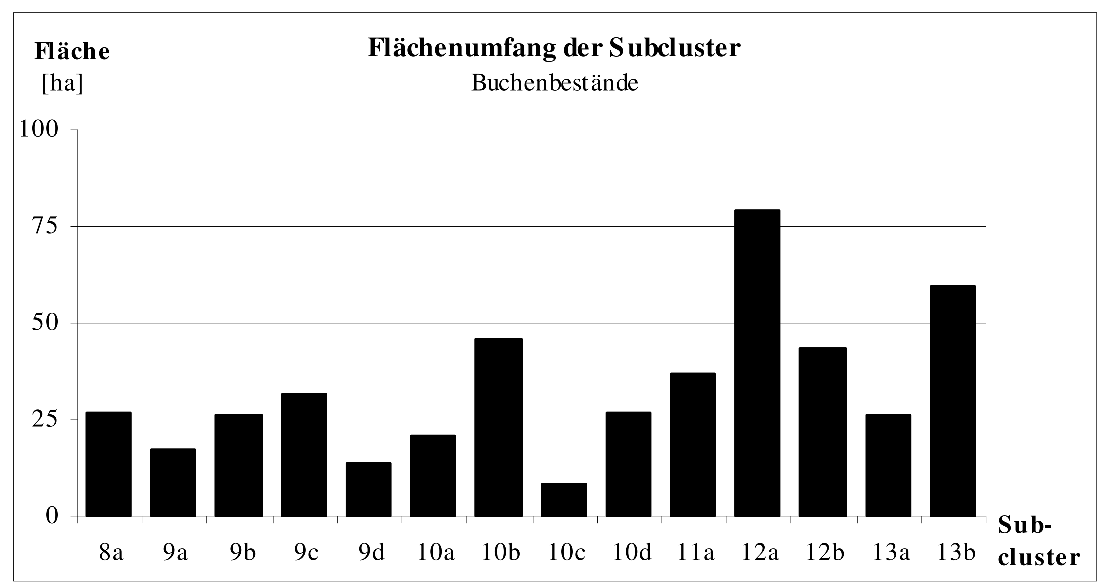


***Abb. 21**: Übersicht über den Flächenumfang der einzelnen Subcluster aus der Tabelle 13.*

Aus der Tabelle 14 geht hervor, dass die Flächenumfänge in den Wuchsklassen *„Jungwuchs“*[301] und *„Dickung“*[302] bis auf die knapp 30 ha Mischbestands-Dickungen zu vernachlässigen sind.

***Tab. 14**: Flächenanteile der Wuchsklassen 1 (Jungwuchs) und 2 (Dickung) für die Bestandesklasse „Buche“.*

N	Beschreibung	Flächenumfang [ha]
2	Jungwuchs, Reinbestände	0,8
10	Jungwuchs, Mischbestände	5,6
8	Dickung, Reinbestände	8,1
11	Dickung, Mischbestände	29,8

5.2.2.3 Typenbezogene Auswertungen

5.2.2.3.1 Holzvorratsstruktur nach Wuchsklasse für fichtendominierte Subcluster

Die nachfolgenden Abbildungen beschreiben die Vorratsstruktur für Fichtenbestände in den drei Wuchsklassen *„Stangenholz“*, *„Baumholz“* und *„Altholz“* durch eine Gliederung in 4 cm breite Durchmesserklassen.[303] Die Abbildung 22 bis 24 zeigen die Durchmesserverteilungen in Reinbeständen.[304]

[301] Oberhöhe des Oberstandes bis 2 m.
[302] Oberhöhe über 2 m bis 12 m (bei Laubholz bis zu 8 m grünastfreie Schaftlänge).
[303] Der Darstellung nach Wuchsklassen ist gegenüber der Darstellung in beispielsweise 5-jährigen Altersstufen nachfolgend durchgängig der Vorzug gegeben worden.
[304] Mischungsanteil der Fichte > 90 %, somit alle 13 Subcluster in den Hauptclustern 1 bis 3.

Zusätzlich zur graphischen Darstellung der Holzvorratsstruktur erfolgen u. a. Angaben zu Bestandesmittelstämmen. Um den Verlauf der Durchmesserverteilungen zu beschreiben, werden als geeignete Kenngrößen – zusätzlich zum arithmetischen Mitteldurchmesser – die HOHENADL'schen Mittelstämme[305] und ein Oberdurchmesser[306] angegeben (EGIDI, 1996).

arith. Mitteldurchmesser:		20,6 cm
HOHENADL'scher	unterer	12,8 cm
Mittelstamm	oberer	28,4 cm
Oberdurchmesser:		33,0 cm

Flächenumfang:	446,5 ha
Gesamtvorrat:	98.318 Vfm
Hektarvorrat:	225 Vfm/ha

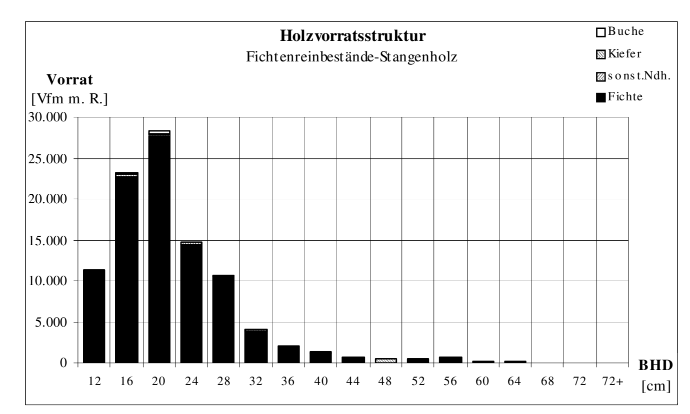


***Abb. 22**: Holzvorratsstruktur für Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz".*

Die Abbildung 22 zeigt die deutlich linkssteile Durchmesserverteilung der Wuchsklasse *„Stangenholz"*. Der betriebliche Gesamtvorrat in der Wuchsklasse beträgt rund 98.000 Vfm. Die Fichte hat einen Anteil von 96 %. Etwa 50.000 Vfm befinden sich im Durchmesserbereich von 14,0 cm bis 21,9 cm. Der arithmetische Mitteldurchmesser errechnet sich mit 20,6 cm. Der durchschnittliche Hektarvorrat beträgt 220 Vfm.

arith. Mitteldurchmesser:		35,2 cm
HOHENADL'scher	unterer	26,7 cm
Mittelstamm	oberer	43,7 cm
Oberdurchmesser:		47,3 cm

Flächenumfang:	1131,1 ha
Gesamtvorrat:	481.833 Vfm
Hektarvorrat:	426 Vfm/ha

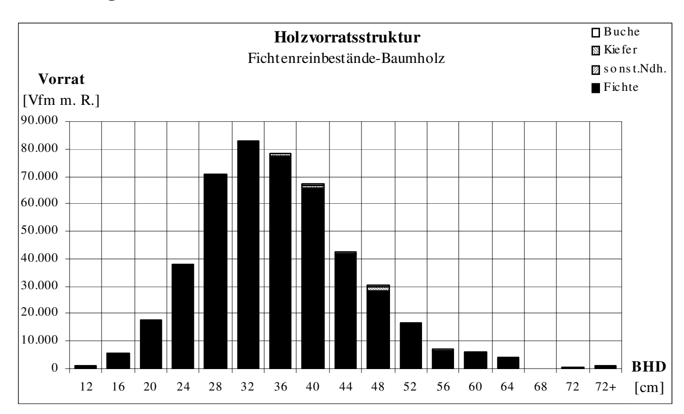


***Abb. 23**: Holzvorratsstruktur für Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz".*

Die Durchmesserstruktur der Wuchsklasse *„Baumholz"* tendiert zu einer linkssteilen Verteilung (Abb. 23). Der Gesamtvorrat beträgt 481.000 Vfm. Wie zuvor beläuft sich der Anteil der Fichte auf annähernd 96 % des Gesamtvorrates. Der arithmetische Mitteldurchmesser beträgt 35,2 cm. Bei einem Flächenumfang von 1.131 ha für diese Wuchsklasse ergibt sich ein mittlerer Vorrat von 426 Vfm/ha.

---

[305] Arithmetisches Mittel +/- Standardabweichung. *„Ähnelt die Stammzahlverteilung eines Bestandes der GAUSSschen Normalverteilung, so liegen theoretisch ca. 68% der Stammzahl im Bereich der HOHENADLschen Mittelstämme"* (KRAMER u. AKÇA, 1987: *S. 142*).

[306] Grundflächenzentralstamm der 20 % stärksten Bäume.

arith. Mitteldurchmesser:		44,4 cm
HOHENADL'scher	unterer	33,4 cm
Mittelstamm	oberer	55,4 cm
Oberdurchmesser:		57,0 cm

Flächenumfang:	484,5 ha
Gesamtvorrat:	247.434 Vfm
Hektarvorrat:	511 Vfm/ha

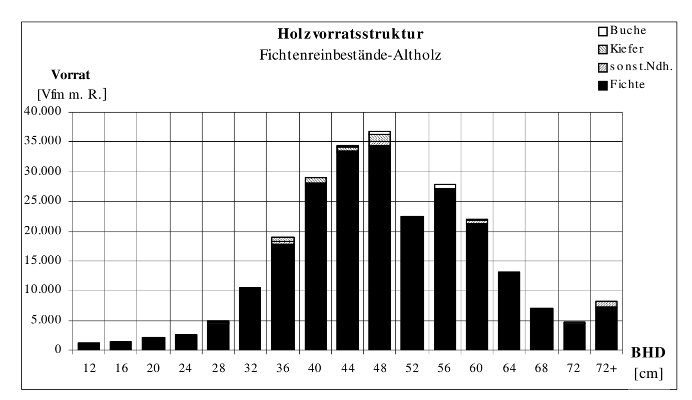
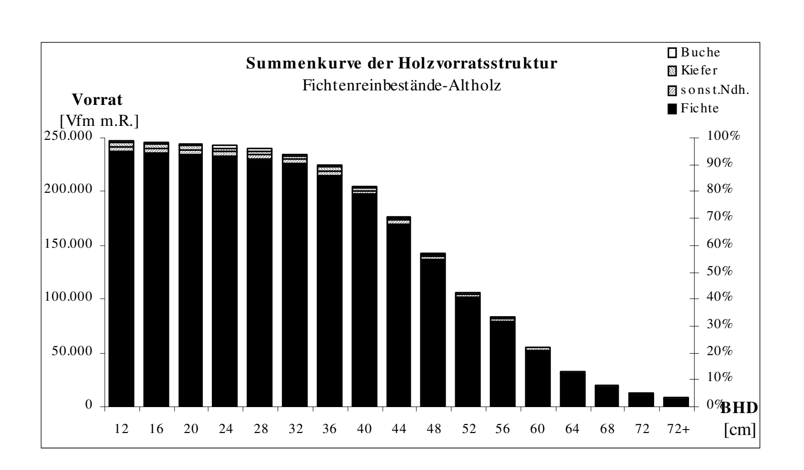


***Abb. 24**: Holzvorratsstruktur für Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Altholz“.*

In der Abbildung 24 ist die Durchmesserverteilung in der Befundeinheit „*Altholz*“ dargestellt. Der Flächenumfang der Befundeinheit beträgt 485 ha. Es errechnet sich bei einem Gesamtvorrat von 247.000 Vfm ein durchschnittlicher Hektarvorrat von 511 Vfm. Der Fichtenanteil am Gesamtvorrat hat die gleiche Größenordnung wie in den beiden anderen Wuchsklassen. Der Vorratsanteil, der oberhalb des angegebenen betrieblichen Zieldurchmessers[307] von 60 cm liegt, beläuft sich auf knapp 45.000 Vfm. Eine genaue Betrachtung der Durchmesserverteilung beim Übergang von der Durchmesserklasse 48 (46 bis 49,9 cm) zur Durchmesserklasse 52 (50 bis 53,9) lässt vermuten, dass Vorratsanteile in der Fichte bereits unterhalb des Zieldurchmessers genutzt worden sind.

***Abb. 25**: Darstellung der Holzvorratsstruktur aus Abbildung 24 als Summenkurve.*



Die Abbildungen 26 bis 28 zeigen die Durchmesserverteilungen in Mischbeständen für die drei Wuchsklassen „*Stangenholz*“, „*Baumholz*“ und „*Altholz*“. Die Darstellung von Mischbaumarten beschränkt sich auf die Baumarten „*Buche*“, „*Kiefer*“ und „*sonst. Ndh.*“.

[307] Vgl. Abbildung 14, S. 117.

arith. Mitteldurchmesser:		24,0 cm
HOHENADL'scher Mittelstamm	unterer	14,9 cm
	oberer	33,1 cm
Oberdurchmesser:		38,0 cm

Flächenumfang:	173,5 ha
Gesamtvorrat:	31.747 Vfm
Hektarvorrat:	183 Vfm/ha

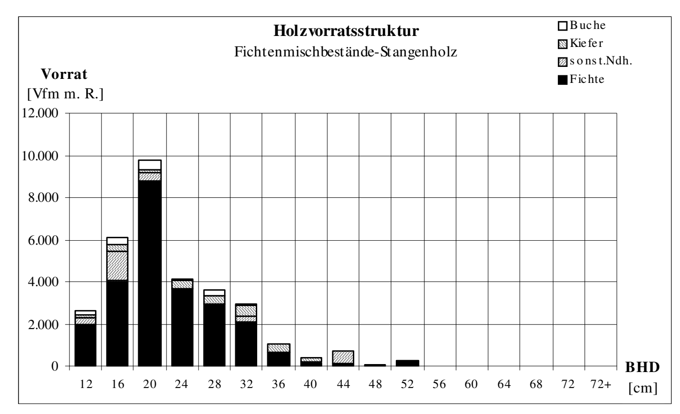


***Abb. 26**: Holzvorratsstruktur für Fichten-Mischbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz“.*

Die Durchmesserstruktur in der Befundeinheit *„Fichten-Mischbestand-Stangenholz“* zeigt die Abbildung 26. Der Gesamtvorrat der Befundeinheit beträgt 31.000 Vfm. Der Fichtenanteil am Gesamtvorrat beträgt 70 %. Bei einem Flächenumfang von 174 ha ist der durchschnittliche Hektarvorrat mit 183 Vfm etwas geringer als in Reinbeständen derselben Wuchsklasse. Der mittlere BHD ist hingegen mit 24,0 cm deutlich stärker. Auf den Durchmesserbereich von 14,0 cm bis 21,9 cm entfallen etwas weniger als 50 % des Gesamtvorrates.

arith. Mitteldurchmesser:		36,2 cm
HOHENADL'scher Mittelstamm	unterer	27,6 cm
	oberer	44,8 cm
Oberdurchmesser:		48,9 cm

Flächenumfang:	561,1 ha
Gesamtvorrat:	210.063 Vfm
Hektarvorrat:	374 Vfm/ha

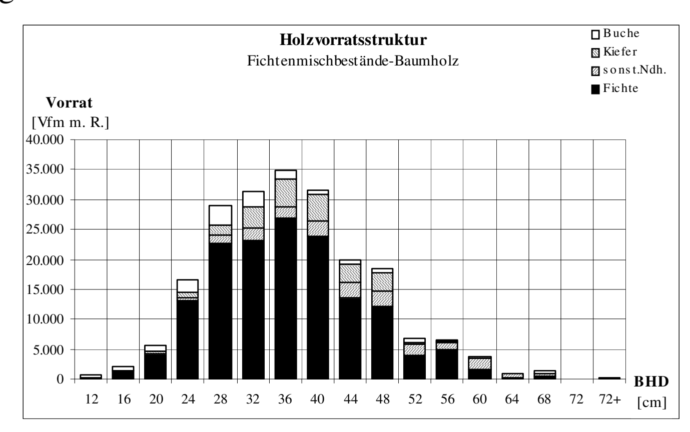


***Abb. 27**: Holzvorratsstruktur für Fichten-Mischbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz“.*

Die Verteilung des Vorrates von 210.000 Vfm in der Wuchsklasse *„Baumholz“* auf die einzelnen Durchmesserklassen zeigt die Abbildung 27. Die Aufteilung des Gesamtvorrates zu den einzelnen Baumarten entspricht der im *„Stangenholz“*. Die Kiefer ist eher in den schwächeren Durchmesserklassen überproportional stark vertreten. Sonstiges Nadelholz ist unter den Mischbaumarten hingegen im Durchmesserbereich über 50 cm vorhanden. Der mittlere Vorrat beträgt 374 Vfm/ha. Auffällig und Hinweis auf Zielstärkennutzungen ist die deutliche Vorratsabnahme beim Übergang zur Durchmesserklasse 52 (50 bis 53,9 cm).

arith. Mitteldurchmesser:		44,2 cm
HOHENADL'scher	unterer	33,1 cm
Mittelstamm	oberer	55,3 cm
Oberdurchmesser:		61,3 cm

Flächenumfang:	397,7 ha
Gesamtvorrat:	164.099 Vfm
Hektarvorrat:	413 Vfm/ha

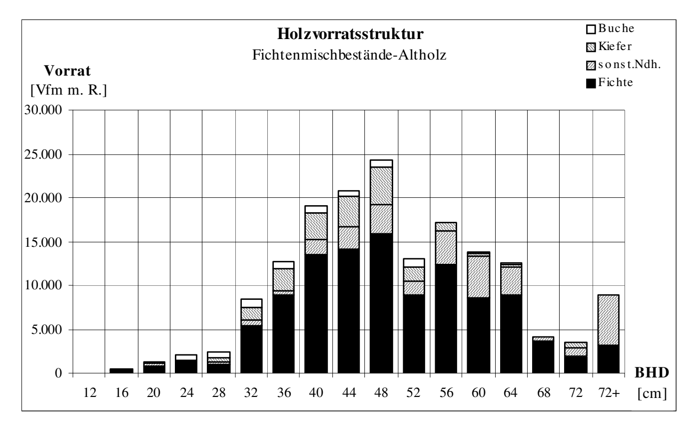
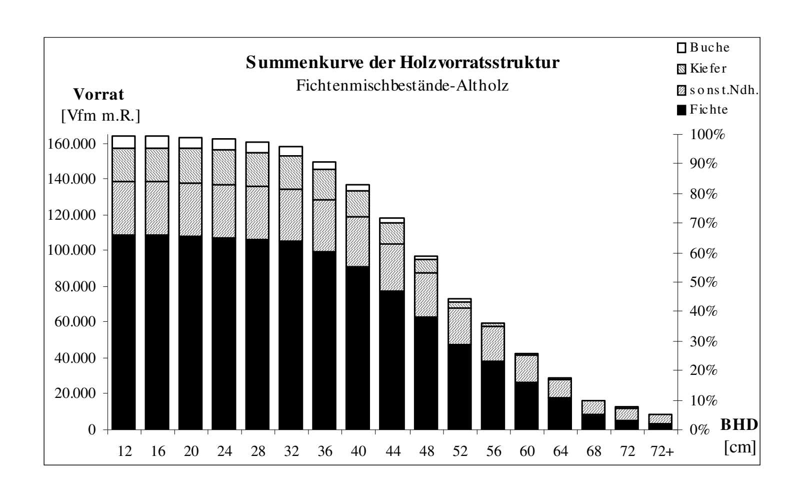


***Abb. 28**: Holzvorratsstruktur für Fichten-Mischbestandstypen der Wuchsklasse „Altholz".*

Der gleiche Befund einer deutlichen Vorratsabnahme ab 50 cm ist auch anhand der Durchmesserstruktur im *„Altholz"* festzustellen (Abb. 28). Beträgt der Vorrat in der Durchmesserklasse von 46,0 cm bis 49,9 cm noch fast 25.000 Vfm, so sinkt der Vorrat in der nächst höheren Durchmesserklasse auf etwa die Hälfte deutlich ab. Die Annahme eines Zieldurchmessers von 50 cm für die Kiefer wird durch die Struktur der Durchmesserverteilung besonders deutlich.

***Abb. 29**: Darstellung der Holzvorratsstruktur aus Abbildung 28 als Summenkurve.*



Der Gesamtvorrat beträgt 164.000 Vfm. Davon befinden sich 25 % bzw. 45.000 Vfm oberhalb eines Durchmessers von 60 cm. Mit 425 Vfm/ha liegt der Flächenvorrat in der gleichen Größenordnung wie in der Wuchsklasse *„Baumholz"* und um etwa 100 Vfm/ha niedriger als in Fichten-Reinbeständen der vergleichbaren Wuchsklasse. Der Oberhöhendurchmesser von 61 cm lässt sich durch den recht hohen Vorratsanteil von Bäumen mit einem Durchmesser über 72 cm begründen.

5.2.2.3.2 Holzvorratsstruktur nach Wuchsklasse für buchendominierte Subcluster

Die nachfolgenden sechs Abbildungen beschreiben die Holzvorratsstruktur für Buchenbestände in den drei Wuchsklassen *„Stangenholz"*, *„Baumholz"* und *„Altholz"*. Die Abbildungen 30 bis 32 zeigen die Durchmesserverteilungen in Buchen-Reinbeständen.

arith. Mitteldurchmesser:		20,9 cm
HOHENADL'scher	unterer	11,0 cm
Mittelstamm	oberer	30,8 cm
Oberdurchmesser:		34,8 cm

Flächenumfang:	26,6 ha
Gesamtvorrat:	7.479 Vfm
Hektarvorrat:	281 Vfm/ha

***Abb. 30**: Holzvorratsstruktur für Buchen-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz".*

Die Abbildung 30 verdeutlicht, dass sich etwa 75 % des Gesamtvorrates von 7.500 Vfm auf die drei Durchmesserstufen von 10 cm bis 21,9 cm verteilen. Der Buchenanteil am Gesamtvorrat beträgt knapp 90 %. Der durchschnittliche Hektarvorrat für die Befundeinheit *„Buchen-Reinbestände-Stangenholz"* beträgt 281 Vfm/ha.

arith. Mitteldurchmesser:		33,5 cm
HOHENADL'scher	unterer	25,6 cm
Mittelstamm	oberer	42,1 cm
Oberdurchmesser:		45,0 cm

Flächenumfang:	88,6 ha
Gesamtvorrat:	28.094 Vfm
Hektarvorrat:	317 Vfm/ha

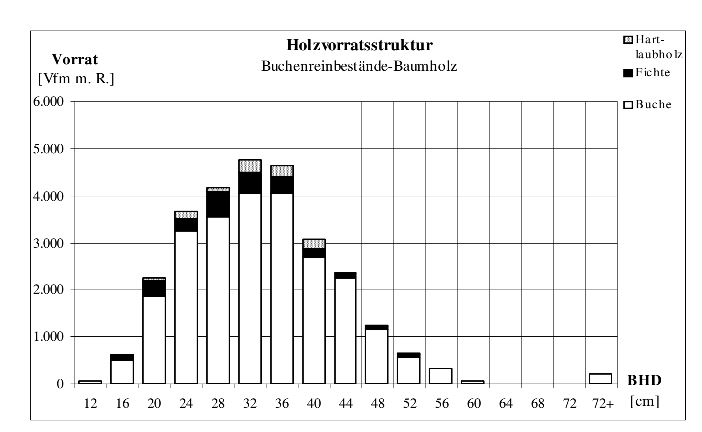


***Abb. 31**: Holzvorratsstruktur für Buchen-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz".*

Die Durchmesserstruktur im *„Baumholz"* zeigt eine leicht linkssteile Verteilung (Abb. 31) und weist damit auf niederforstungsartige Pflegeeingriffe hin.[308] Bei einem Gesamtvorrat von 28.000 Vfm errechnet sich ein durchschnittlicher Vorrat von 317 Vfm/ha. Der Vorratsanteil der Buche beträgt 85 %, der der Fichte etwa 10 %. Der übrige Vorrat verteilt sich auf sonstiges Hartlaubholz.[309] Der arithmetische Mitteldurchmesser beträgt 33,5 cm. Nennenswerte Vorratsanteile über 55 cm[310] sind nicht vorhanden.

---

[308] Vgl. BURSCHEL u. HUSS (1987: *S. 30*).
[309] Überwiegend Bergahorn.
[310] Betrieblich vorgegebener Zieldurchmesser.

arith. Mitteldurchmesser:		39,8 cm
HOHENADL'scher	unterer	31,2 cm
Mittelstamm	oberer	48,4 cm
Oberdurchmesser:		52,0 cm

Flächenumfang:	101,2 ha
Gesamtvorrat:	38.479 Vfm
Hektarvorrat:	380 Vfm/ha

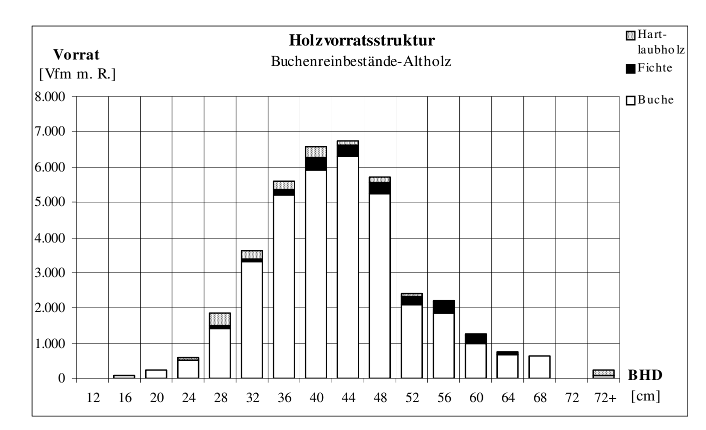
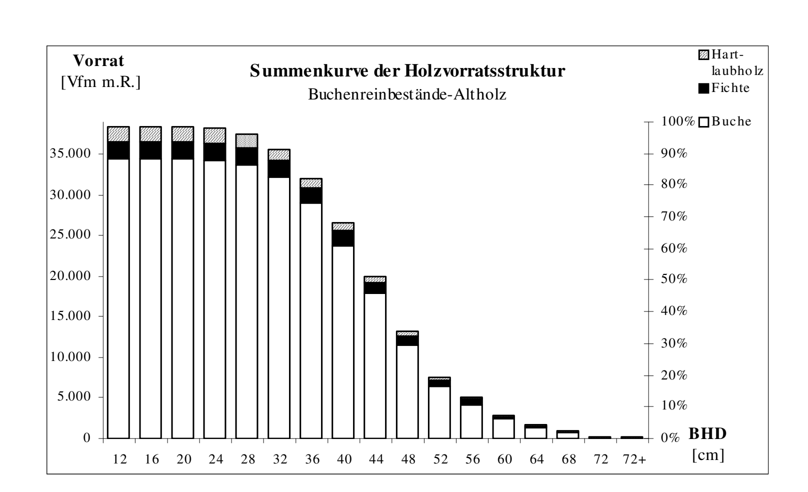


***Abb. 32**: Holzvorratsstruktur für Buchen-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Altholz“.*

Mit einem Flächenbezug von etwas mehr als 100 ha ist *„Altholz“* in der Gruppe der Buchen-Reinbestände die Wuchsklasse mit dem größten Flächenumfang. Die Abbildung 32 zeigt die aktuelle Durchmesserverteilung. Der Gesamtvorrat beträgt 38.000 Vfm. Daraus ergibt sich ein Hektarvorrat von 380 Vfm. Die Buche dominiert mit einem Anteil von 88 % am Gesamtvorrat, gefolgt von der Fichte. Etwa 5 % entfallen auf sonstiges Hartlaubholz. Auffällig und Hinweis für Zielstärkennutzungen ist der Übergang von der Durchmesserklasse 48 (46,0 bis 49,9 cm) zur nächst größeren Durchmesserklasse. Der Vorratsanteil mit einem BHD über 55 cm beträgt knapp 5.000 Vfm.

***Abb. 33**: Darstellung der Holzvorratsstruktur aus Abbildung 32 als Summenkurve.*



Die Abbildungen 34 bis 36 zeigen die Durchmesserverteilungen in Buchen-Mischbeständen für die drei Wuchsklassen *„Stangenholz“*, *„Baumholz“* und *„Altholz“*. Die Darstellung der Mischbaumarten beschränkt sich auf die Baumarten *„Fichte“* und *„Hartlaubholz“*.

arith. Mitteldurchmesser:		22,8 cm
HOHENADL'scher Mittelstamm	unterer	14,8 cm
	oberer	30,8 cm
Oberdurchmesser:		35,2 cm

Flächenumfang:	37,1 ha
Gesamtvorrat:	12.433 Vfm
Hektarvorrat:	335 Vfm/ha

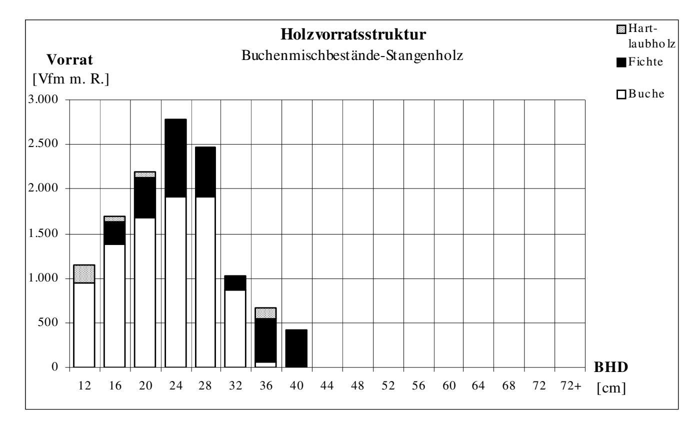


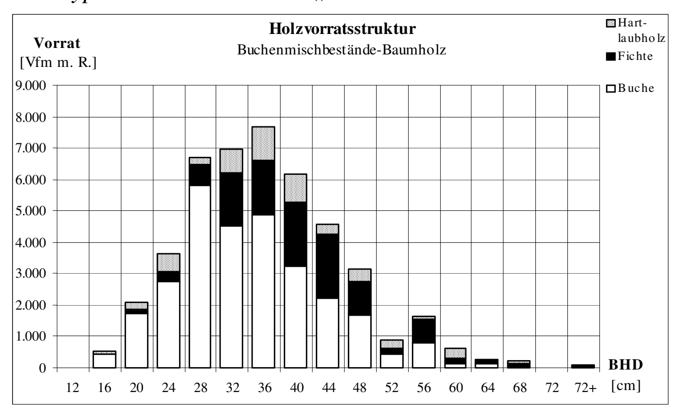
***Abb. 34**: Holzvorratsstruktur für Buchen-Mischbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz".*

Im Unterschied zu vergleichbaren Wuchsklassen in Buchen-Reinbeständen zeigt die Abbildung 34 eine deutlich breitere Durchmesserverteilung. Von den 12.000 Vfm des Gesamtvorrat sind knapp 80 % auf die fünf Durchmesserklassen von 10 cm bis 29,9 cm verteilt. Als Hektarvorrat errechnet sich ein Wert von 335 Vfm. Der arithmetische Mitteldurchmesser ist dementsprechend mit 22,8 cm größer als die 20,9 cm in Buchen-Reinbeständen. Buche dominiert mit 70 % den Gesamtvorrat. Der Fichtenanteil am Gesamtvorrat beträgt knapp 25 %. Der Vorratsanteil in der Durchmesserklasse 54 cm bis 59,9 cm weist auf Buchenüberhalt hin.[311]

***Abb. 35**: Holzvorratsstruktur für Buchen-Mischbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz".*

arith. Mitteldurchmesser:		35,3 cm
HOHENADL'scher Mittelstamm	unterer	26,1 cm
	oberer	44,5 cm
Oberdurchmesser:		48,8 cm

Flächenumfang:	122,4 ha
Gesamtvorrat:	45.308 Vfm
Hektarvorrat:	370 Vfm/ha



Aus der Abbildung 35 geht die Durchmesserstruktur für die Wuchsklasse „*Baumholz*" hervor. Diese Wuchsklasse hat mit 120 ha den größten Flächenumfang. Der Gesamtvorrat beträgt 45.000 Vfm. Davon entfallen auf die Baumart Buche rund 60 %. Der Hektarvorrat beträgt 370 Vfm.

[311] Der Abgleich mit der Stichprobenaufnahme zeigt tatsächlich, dass es sich hierbei um Buchenüberhalt handelt, der als Strutyp=4 gekennzeichnet ist.

arith. Mitteldurchmesser:		42,4 cm
HOHENADL'scher	unterer	31,5 cm
Mittelstamm	oberer	53,3 cm
Oberdurchmesser:		58,9 cm

Flächenumfang:	85,4 ha
Gesamtvorrat:	32.989 Vfm
Hektarvorrat:	386 Vfm/ha

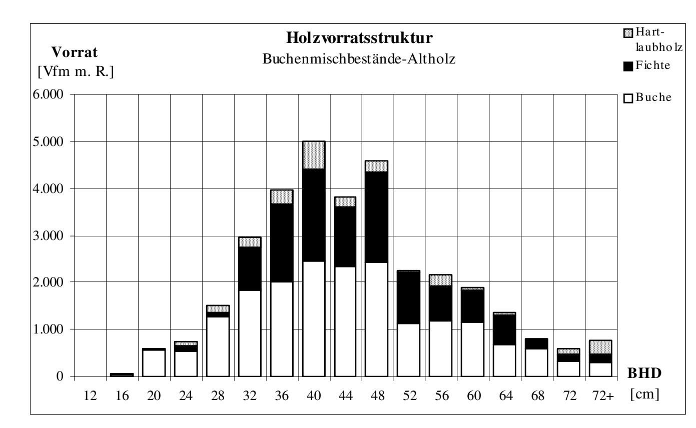
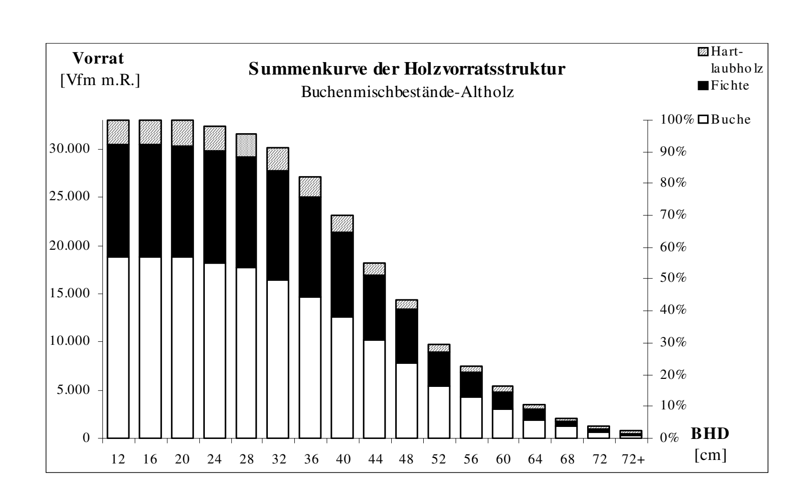


***Abb. 36**: Holzvorratsstruktur für Buchen-Mischbestandstypen der Wuchsklasse „Altholz“.*

In der Abbildung 36 ist für Buchen-*„Altholz“* wie bereits oben für Reinbestände festzustellen, dass in der Durchmesserklasse ab 50 cm der Vorrat deutlich abnimmt. Von den 35.000 Vfm Gesamtvorrat ist der Vorratsanteil mit einem BHD größer als 50 cm dennoch rund 30 %. Der Mischungsanteil der Buche bezogen auf den Gesamtvorrat beträgt knapp 55 %. Der Fichtenanteil von 35 % verteilt sich ebenfalls über den gesamten Durchmesserbereich. Die Werte für den arithmetischen Mitteldurchmesser und durchschnittlichen Hektarvorrat liegen mit 42,4 cm und 386 Vfm über den Angaben für Buchen-Reinbestände.

***Abb. 37**: Darstellung der Holzvorratsstruktur aus Abbildung 36 als Summenkurve.*



5.2.2.4 Analyse der Güteklassenverteilung bei Buche

Wichtige Hinweise zur Gütestruktur für die Buche liefert die Güteansprache während der Stichprobenaufnahme. Weitere Informationen zur Qualität des Buchenstammholzes erbringt zusätzlich die Auswertung der Hiebsstatistik im Untersuchungsbetrieb der Jahre 1993 bis 1997.

5.2.2.4.1 Güteklassenanprache aus der Stichprobenaufnahme

Als Ergänzung der ertragskundlichen Erhebungsvariablen erfolgt im Rahmen der typenorientierten Kontrollstichprobe eine vereinfachte Qualitätsansprache zur Wertbestimmung. Durch die vergleichsweise geringe Anzahl der anzusprechenden Bäume bleibt der Aufwand zur Erfassung wertbestimmender Baumeigenschaften im Rahmen der Stichprobeninventur gegenüber Vollaufnahmen überschaubar (BITTER, 1998b).

Der untere Stammabschnitt wird als Ganzes bewertet und sein Durchschnittswert anhand der HKS-Güteklassen zugeordnet. Bewertet wird nach Augenschein, im Hinblick auf den zum Zeitpunkt der Nutzung möglichen Wert. Bei der Baumerfassung in den Probekreisen 2 bis 4 wird eine Güteansprache für die Buche ab einem BHD von 30 cm vorgenommen. Die Einschätzung in die Güteklasse B erfolgt, wenn für die unteren 7 m in Anlehnung an die Gütesortierung nach HKS normale oder bessere Holzqualität angenommen werden kann. Bei fehlerhafter und schlechterer Holzqualität (HKS C) erfolgt die Einordnung des Stammes in die Güteklasse C.

Durch Verfahrenserweiterungen soll zukünftig neben der rein visuellen Güteansprache auch eine wissensbasierte Bildanalyse genutzt werden (BITTER u. FÜRST, 2001). Werden die Verfahren der Objekt- und Mustererkennung aus dem Gebiet der Computer Vision auf fotografisches Bildmaterial der am Stichprobenpunkt anzusprechenden Stämme angewendet, lassen sich die subjektiven Einflüsse bei der Güteansprache ausschalten und erleichtern gleichzeitig den Vergleich zwischen verschiedenen Inventurzeitpunkten.

***Tab. 15**: Stammzahlbezogene Güteklassenverteilung für unterschiedliche Wuchsklassen und Mischungstypen innerhalb der Buchencluster.*

Clusterbezeichnung			**Anteil der Güteklasse** [%]			
Hauptcluster	**Subcluster**	**Beschreibung**	**B**	**ø des Haupt-clusters**	**C**	**ø des Haupt-clusters**
Bmh	a	Reinbestand	87	**81**	13	**19**
	b		71		29	
	c		91		9	
	d		76		24	
Alth	a	Reinbestand	69	**74**	31	**26**
	b		68		32	
	c		85		15	
	d		73		27	
Bmh	a	Mischbestand	85	**88**	15	**12**
	b		80		20	
Alth	a	Mischbestand	81	**75**	19	**25**
	b		69		31	

Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

Die Auswertung der Güteansprache für den Untersuchungsbetrieb ergibt, dass der Anteil der Güteklasse B bei einer stammzahlbezogenen Berechnung zugewiesen wird, in der Wuchsklasse *„Baumholz“* gegenüber der Wuchsklasse *„Altholz“* tendenziell etwas höher liegt (Tab. 15*)*. Die Unterschiede sind mit 10 % allerdings nur graduell. Aufgrund der allgemeinen Erwartung sollte der Anteil besserer Qualitäten mit längerer Pflegedauer und somit in der Wuchsklasse *„Altholz“* höher sein.[312]

Eine volumenbezogene Berechnung der Güteklassenverteilung (Abb. 38 und Abb. 39) reduziert den Unterschied zwischen den Wuchsklassen für Subcluster mit Reinbestandsverhältnissen. In den Buchenreinbeständen werden etwa 70 % der Güteklasse B zugeschrieben, unabhängig davon, ob es sich um Bestände der Wuchsklasse *„Baumholz“* oder *„Altholz“* handelt. In den Mischbeständen ist das Verhältnis mit 81 % B-Holz im *„Baumholz“* bzw. 68 % B-Holz im *„Altholz“* identisch zur stammzahlbezogenen Betrachtung.

***Abb. 38**: Volumenbezogene Güteklassenverteilung nach Ansprache der aufgenommenen Buchen über 30 cm in der Wuchsklasse „Baumholz“.*

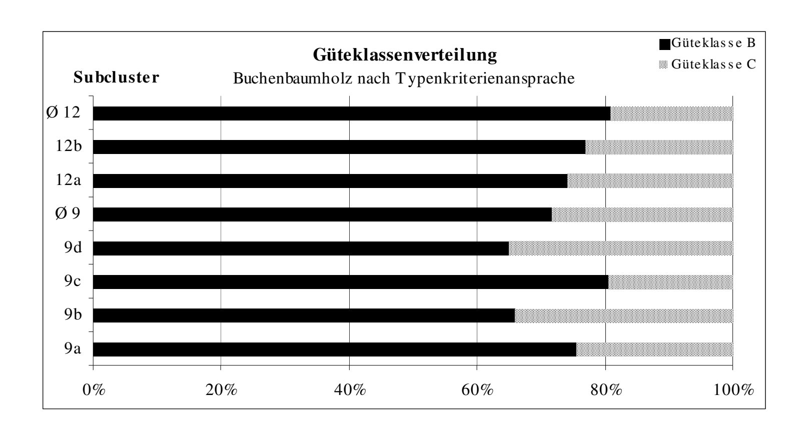
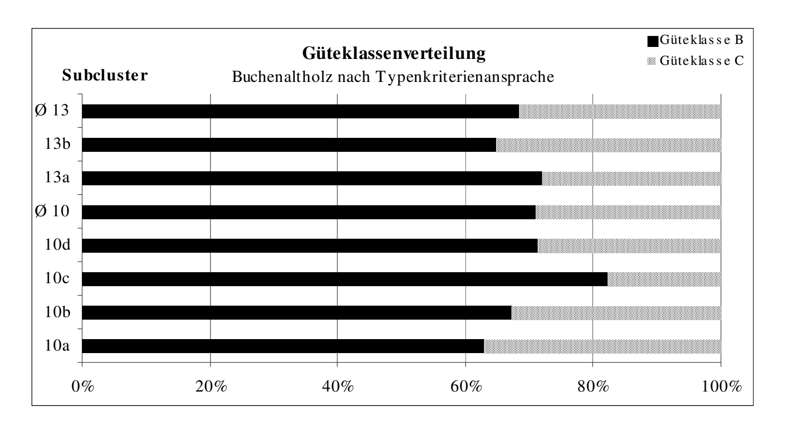


***Abb. 39**: Volumenbezogene Güteklassenverteilung nach Ansprache der aufgenommenen Buchen über 30 cm in der Wuchsklasse „Altholz“.*

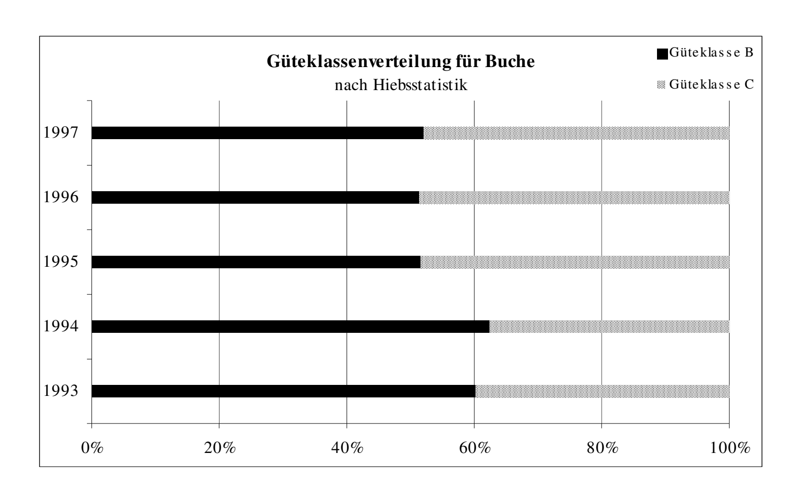


[312] Die praktischen Erfahrungen widersprechen dieser Annahme allerdings.

5.2.2.4.2 Auswertung der Hiebsstatistik

Die Abbildung 40 zeigt die Auswertung der Hiebsstatistik unter dem Aspekt der Güteklassenverteilung beim Buchenstammholz. In den Jahren 1993 und 1994 beträgt der Anteil an B-Holz etwa 60 %. Dieser Wert sinkt in den folgenden Jahren um gut 10 % auf 50 % beim eingeschlagenen Buchenstammholz.

***Abb. 40**: Güteklassenverteilung nach Auswertung der betrieblichen Hiebsstatistik für Buchenschläge.*



Als Ergebnis der Auswertung der Güteklassenverteilung beim Buchenstammholz, sowohl nach Stichprobenergebnissen als auch aufgrund der Hiebsstatistik, wird bei den folgenden Simulationen jeweils ein Rohholzpreis angesetzt, der diese Güteklassenverteilung berücksichtigt. Aus diesem Grund wird bei den Simulationsrechnungen, bei denen ein einheitlicher Rohholzpreis über alle Güteklassen hinweg angenommen wird, und unter Beachtung einer *„kaufmännischen Vorsicht“*, ein Verhältnis von B- zu C-Holz beim Buchenstammholz von 40:60 angenommen. [313] Die vom Betrieb mitgeteilten Preise für Buchenstammholz der Handelsklassen B und C werden in diesem Verhältnis gewichtet.

5.2.2.5 Ergebnisse der Verjüngungsinventur

Das Wissen über vorhandene oder fehlende Verjüngungspotenziale ist eine wichtige Zustandsgröße (ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG, 1997), die in der vorliegenden Untersuchung als Einflussgröße bei der waldbaulichen Steuerung während der Wachstumssimulation Berücksichtigung finden soll. Für TEGELER (1998) ist eine ausreichende Verjüngung eine notwendige Voraussetzung, um Hiebssätze stratenweise z. B. für Buchenaltbestände festzulegen.

Für die Beurteilung der Verjüngung ist neben der Qualität der Einzelpflanze in erster Linie die Anzahl und die Verteilung der Verjüngungspflanzen entscheidend. Für die Beurteilung von Verjüngungsflächen eignen sich die gängigen Dichtemaße für Waldbestockungen nicht

[313] Vgl. MOOG (1990: *S. 1159, Abb. 6*).

(ZÖHRER, 1980). Für die Ableitung einer Aussage über die Nachwuchssituation im Beispielbetrieb wurde die Verjüngungsinventur ausgewertet. Die Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

Bei der Auswertung der Verjüngungsinventur wird eine Fläche nur dann als gesichert verjüngt charakterisiert, wenn eine vorgegebene Mindestanzahl von ungeschädigten Pflanzen aufgenommen wird. Die vorgegebene Mindestanzahl wird für Fichte und Buche sowie für die vier Höhenstufen getrennt vorgegeben (Tab. 16). Die Mindestbaumzahlen gelten entsprechend auch für die übrigen Baumartengruppen. Ergibt die Verjüngungsaufnahme eine geringere Pflanzenzahl, wird die verjüngte Anteilsfläche entsprechend reduziert. Wird eine höhere als die geforderte Pflanzenzahl[314] erreicht, wird die Fläche mit 100 % verjüngt ausgewiesen. Zur Ausweisung der Überdeckung wird ein Deckungsgrad ausgewiesen. Dieser beschreibt die auf die Mindestbaumzahl bezogene tatsächliche Verjüngungssituation.

***Tab. 16**: Übersicht über die Mindestbaumzahlen, getrennt nach Hauptbaumart und Höhenstufen.*[315]

Baumart	Höhenstufe der Verjüngung			
	unter 0,5 m	> 0,5 m bis 1,3 m	> 1,3 m bis 3,0 m	über 3,0 m
Fichte	7.000 St.	2.500 St.	2.000 St.	1.500 St.
Buche	10.000 St.	3.500 St.	3.000 St.	2.500 St.

5.2.2.5.1 Verjüngungsvorräte in den Hauptclustern

Die Auswertung der Erhebung auf Inventurpunkte ergibt für die beiden Wuchsklassen *„Baumholz“* und *„Altholz“* mit einer Gesamtfläche von zusammen 2.972 ha einen betriebsweiten natürlichen Verjüngungsvorrat von 1.887 ha das sind 64 %. Eine Darstellung nach Hauptbaumart und Mischungsanteilen getrennt, zeigt die Tabelle 17. Die Fichtenflächen sind durchschnittlich zu 62 % verjüngt. Die Verjüngungssituation bei der Buche zeigt noch günstigere Verhältnisse. Von der Buchenfläche mit 397 ha sind bereits 286 ha oder 72 % natürlich verjüngt.

---

[314] Gilt insbesondere häufig für die Höhenstufe unter 0,5 m.

[315] Die Angaben zu den verwendeten Grenzwerten für Mindestbaumzahlen in Abhängigkeit von Höhenstufe und Baumart entsprechen den örtlichen Erfahrungen über die Pflanzenzahlen, die für eine aus Naturverjüngung entstandene gesicherte Verjüngung notwendig sind. Die Mindestbaumzahlen in der Höhenstufe unter 0,5 m entsprechen etwa dem dreifachen der für eine Kunstverjüngung angegebenen Baumzahlen (vgl. Höhenstufe > 0,5 m bis 1,3 m). Unter der Berücksichtigung, dass zwar keine Keim- und Sämlinge aufgenommen werden, die eine besonders geringe Überlebensrate (vgl. MOSANDL, 1991: *S. 158ff.*) hätten, zeigen doch auch die Ergebnisse von MOSANDL (1991: *S. 180*), dass die Überlebensprozente älterer Naturverjüngungspflanzen bei der Vorgabe der Mindestbaumzahlen zu berücksichtigen sind.

Tab. 17: Übersicht über die verjüngte Fläche in Abhängigkeit von Hauptbaumart, Wuchsklasse und Mischungsform.

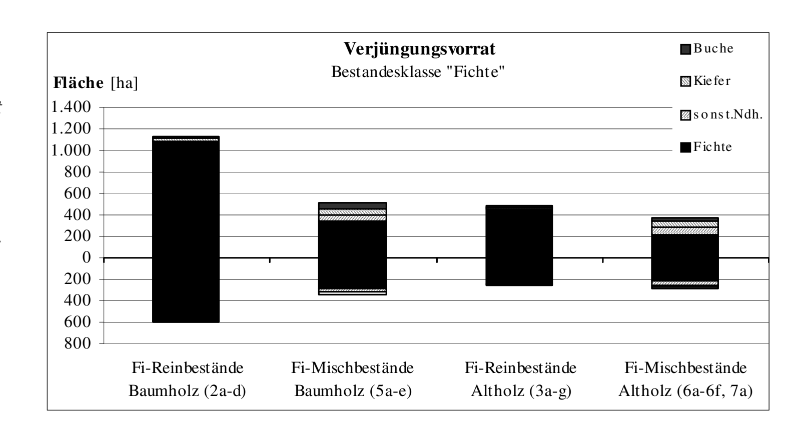
Haupt-baumart	Wuchs-klasse	Mischungs-form	Sub-cluster	Typfläche [ha]	verjüngte Fläche [ha]	Anteilsprozent [%]
Fichte	Baumholz	Reinbestand	2a–d	1.131	642	57
		Mischbestand	3a–g	561	374	66
	Altholz	Reinbestand	5a–e	485	280	57
		Mischbestand	6a–f	374	288	77
		Mischbestand	7a	24	17	71
Σ Fichte				**2575**	**1601**	**62**
Buche	Baumholz	Reinbestand	9a–d	89	68	76
		Mischbestand	10a–d	122	72	59
	Altholz	Reinbestand	12a–b	101	81	80
		Mischbestand	13a–b	85	65	76
Σ Buche				**397**	**286**	**72**
Σ gesamt				**2972**	**1887**	**64**

Die Abbildungen 41 und 42 zeigen den nach Baumarten getrennten Verjüngungsvorrat für die Hauptcluster in Abhängigkeit von den jeweils vier wichtigsten Baumarten des Oberstandes. Die Hauptbaumart Fichte sowie die Mischbaumarten Buche, sonstiges Nadelholz und Kiefer bilden bei den Fichtentypen 97 % der Oberstandsfläche.[316] Diese vier Baumarten zusammen repräsentieren gleichzeitig 92 % der verjüngten Fläche.[317] Die übrige Fläche nehmen vorwiegend Baumarten aus den Baumartengruppen Hart- und Weichlaubholz ein.

Bei den Buchentypen bildet Buche zusammen mit den Mischbaumarten Fichte, Kiefer und Hartlaubholz auf über 99 % die gesamten Oberstandsfläche.[318] Die gleichen Baumarten nehmen rund 98 % der gesamten Verjüngungsfläche ein.[319] Weitere Baumarten finden sich nur sehr vereinzelt in der Verjüngung.

Abb. 41: Baumartenverteilung in der Naturverjüngung für fichtendominierte Subcluster, getrennt nach Wuchsklasse und Mischungsform.

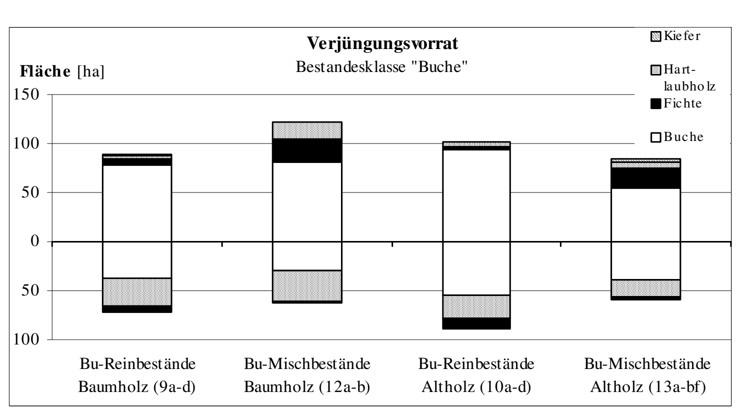
Der Verjüngungsvorrat ist jeweils unterhalb der X-Achse in Bezug zum Oberstand dargestellt.



[316] 2.504 ha zu 2.575 ha.
[317] 1.477 ha zu 1.601 ha.
[318] 395 ha zu 397 ha.
[319] 282 ha zu 286 ha.

Abb. 42: *Baumartenverteilung in der Naturverjüngung für buchendominierte Subcluster, getrennt nach Wuchsklasse und Mischungsform.*

Der Verjüngungsvorrat ist jeweils unterhalb der X-Achse in Bezug zum Oberstand dargestellt.



Ein Vergleich der Baumartenanteile im Oberstand mit den Mischungsanteilen im Unterstand zeigt, dass bei den Fichtentypen im Reinbestand lediglich ein vernachlässigbarer Unterschied bei den Mischungsanteilen festzustellen ist. Die Fichte dominiert mit über 90 % auch die Verjüngung. Geringe Verschiebungen hin zu einer höheren Beteiligung bei der Verjüngung gibt es bei Buche und etwas stärker beim sonstigen Nadelholz. In Mischbeständen ist die Fichte im Oberstand und getrennt nach Baumholz und Altholz mit 65 % bzw. 57 % beteiligt. Deren Anteil an der Verjüngung steigt demgegenüber auf 85 % im *„Baumholz“* bzw. 77 % im *„Altholz“*. Diese Verschiebung geht ganz überwiegend zu Lasten der Kiefer, die in der Verjüngung vollständig fehlt. Der Anteil des sonstigen Nadelholzes reduziert sich in der Verjüngung im Vergleich zu den Anteilen im Oberstand. In etwas geringerem Ausmaß trifft dies auch für die Buche zu.

Für die Buchentypen lässt sich feststellen, dass in ganz erheblichem Ausmaß die Buche, die im Oberstand von Reinbeständen Baumartenanteile von 88 % bzw. 92 % einnimmt, bei der Verjüngung durch das Hartlaubholz zurückgedrängt wird. Die Mischungsanteile der Buche reduzieren sich auf 55 % bzw. 69 %. Für Mischbestände gilt diese Beschreibung ganz ähnlich, wobei nicht nur der Anteil der Buche in der Verjüngung zurückgeht, sondern auch der Anteil der Fichte sich leicht vermindert. Für Mischbestände der Wuchsklasse *„Baumholz“* reduziert sich der Buchenanteil mit 43 % teilweise auf deutlich unter 50 % der Verjüngungsfläche.

5.2.2.5.2 Ergebnisse der Verjüngungsinventur in den Subclustern

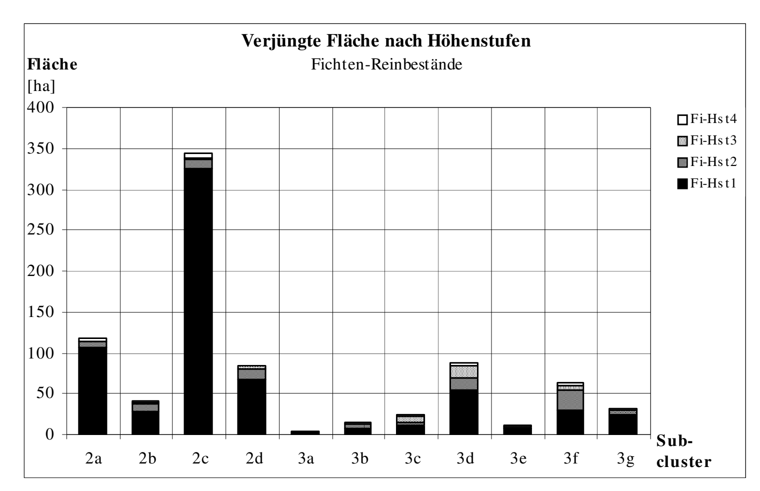
5.2.2.5.2.1 Verjüngungsvorrat nach Höhenstufen

Die Abbildungen 43 bis 46 zeigen den nach Höhenstufen gegliederten Flächenumfang der Hauptbaumart sowie im Fall der Mischbestandscluster (Abb. 44 und Abb. 46) den Anteil der jeweils wichtigsten Mischbaumart in der Verjüngungsschicht.

Für die einzelnen Subcluster, die fichtendominierten Reinbestände repräsentieren (Abb. 43), zeigt sich eine deutliche Dominanz von Verjüngungspflanzen der Höhenstufe 1. Das gilt unabhängig davon, ob die Bestände des Subclusters durch die Typenkriterienansprache als ver-

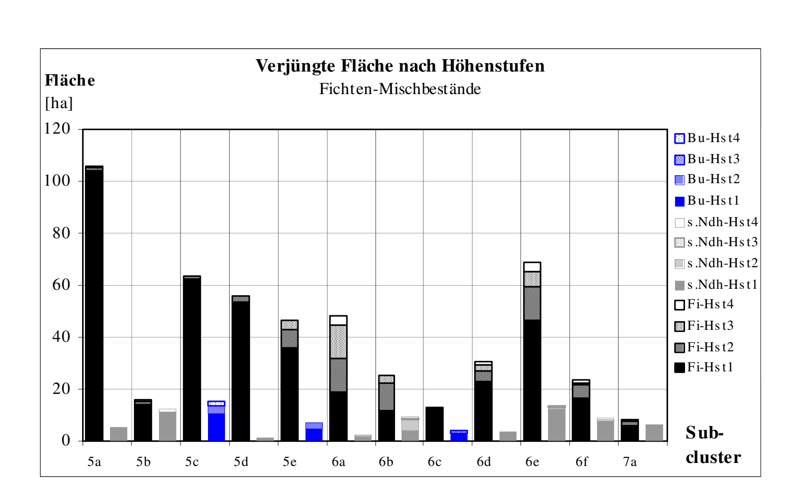
jüngt oder nicht verjüngt angesprochen worden sind. Als Ausnahme zeigen insbesondere die beiden Subcluster 3d und 3f – bezogen auf die verjüngte Fläche – einen deutlichen Anteil von Verjüngung in den Höhenstufen 2 bis 4. Für das Subcluster 3f liegt dieser Anteil über 50 %.

Abb. 43: *Verjüngte Fläche für fichtendominierte Reinbestände, getrennt nach vier Höhenstufen.*



Für die Fichten-Mischbestandscluster ist als Mischbaumart in den einzelnen Subclustern überwiegend sonstiges Nadelholz ausgewiesen (Abb. 44). In den drei Subclustern 5c, 5e und 6c ist die Buche die wichtigste Mischbaumart in der Verjüngung, was auch mit der Typenkriterienansprache des Oberstandes korrespondiert. Die drei genannten Subcluster sind als Fichten-Buchen- bzw. Fichten-sonst.Ndh.-Buchen-Bestände charakterisiert worden. Der Vergleich der Subcluster, die bei der Typenkriterienansprache als verjüngt angesprochen worden sind mit den übrigen Subclustern, zeigt hinsichtlich der Höhenstufengliederung deutliche Unterschiede. Ein Ergebnis, das bei den Fichten-Reinbestandsclustern nicht in der Deutlichkeit festzustellen ist. Die Subcluster 5e, 6a, 6b, 6e und 6f zeigen nennenswerte Anteile an Verjüngungspflanzen in den Höhenstufen 2 bis 4.

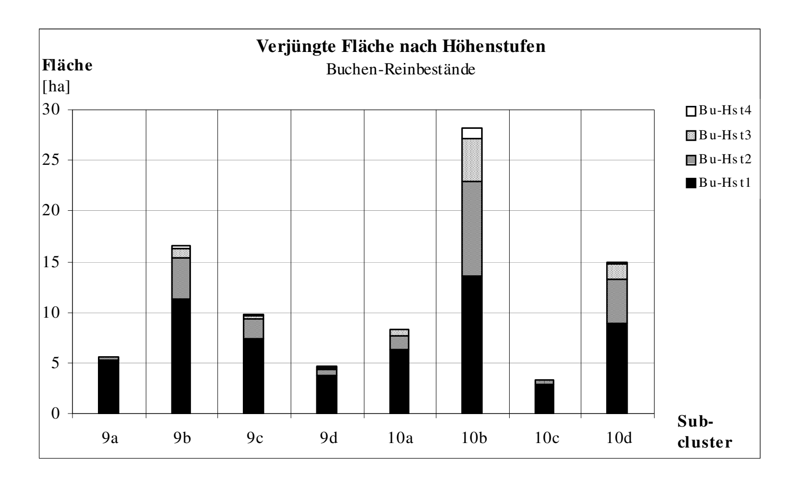
Abb. 44*: Verjüngte Fläche für fichtendominierte Mischbestände, getrennt nach Höhenstufen für die Hauptbaumart sowie die beiden wichtigsten Mischbaumarten.*



Bei den buchendominierten Reinbeständen (Abb. 45) sind gegenüber den fichtendominierten Subclustern deutlich mehr Cluster zu erkennen, bei denen in der Verjüngungsschicht auch

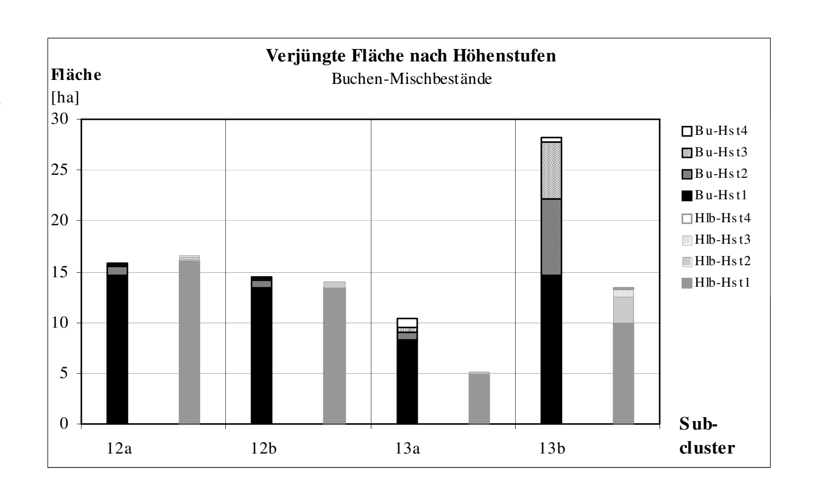
Pflanzen der Höhenstufen 2 bis 4 vorkommen. Überwiegend sind das genau die Subcluster, deren Bestände als verjüngt angesprochen worden sind.

***Abb. 45**: Verjüngte Fläche für buchen-dominierte Reinbestände, getrennt nach vier Höhenstufen.*



Bei den Buchen-Mischbestandsclustern ist das Hartlaubholz die jeweils bedeutendste Mischbaumart in der Verjüngungsschicht (Abb. 46). Die Einzelergebnisse nach Höhenstufen bestätigen das bereits in Abbildung 42[320] ersichtliche Ergebnis, dass in den Buchenmischbeständen gegenüber den Mischungsverhältnissen im Oberstand in der Verjüngung eine Verschiebung der Mischungsanteile festzustellen ist. Für die Subcluster 12a und 12b ist der Flächenanteil des Hartlaubholzes genauso hoch wie der der Buche. Für die beiden Subcluster der Wuchsklasse *„Altholz“* ist die Buche weiterhin die dominierende Baumart in der Verjüngungsschicht.

***Abb. 46**: Verjüngte Fläche für buchen-dominierte Mischbestände, getrennt nach Höhenstufen für die Hauptbaumart sowie die wichtigste Mischbaumart.*

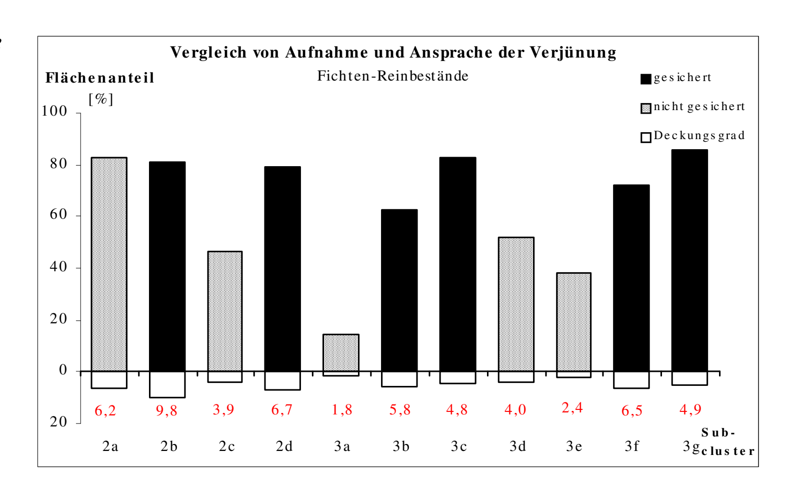


[320] Siehe hierzu S. 153.

5.2.2.5.2.2 Vergleich der Verjüngungsinventur mit der Typenkriterienansprache

Für die einzelnen Subcluster, die den Fichten-Reinbeständen zugeordnet werden, zeigt sich mit einer Ausnahme, dass für die als verjüngt angesprochenen Bestände auch bei der Auswertung der Verjüngungsinventur überdurchschnittlich hohe Flächenprozente bezüglich der als gesichert anzusehenden verjüngten Fläche errechnet werden (Abb. 47). Die verjüngte Fläche liegt jeweils bei annähernd 80 %. Lediglich bei einem Subcluster 3b ist der Wert mit 62,5 % geringer. Für die nicht als verjüngt angesprochenen Bestände errechnet sich ein durchschnittlicher Anteil von 47 %. Für das Subcluster 3a der verlichteten Fichtenreinbestände[321] ist ein sehr geringer Verjüngungsfortschritt festzustellen, der erhebliche waldbauliche Auswirkungen haben dürfte.

Abb. 47: Vergleich der verjüngten Fläche für die Subcluster der Fichten-Reinbestände.



Auffällig ist einzig das Subcluster 2a. Dabei handelt es sich nach der Typenkriterienansprache um Fichten-Kiefernbestände ohne Verjüngung. Die Auswertung der Stichprobenpunkte ergibt mit fast 83 % einen erstaunlich hohen Anteil an verjüngter Fläche. Bei keiner der 39 Typenkriterienansprachen ist Naturverjüngung beschrieben worden. An 34 Stichprobenpunkten ist allerdings trotzdem Verjüngung erfasst worden. Dabei handelt es sich überwiegend um Fichte der Höhenstufe 1, wobei Keim- und Sämlinge nicht aufgenommen werden. Der Unterschied zwischen der Naturverjüngung auf Bestandesebene und der auf dem Probepunkt erhobenen Naturverjüngung erklärt sich dadurch, dass bei der Typenkriterienansprache eine gesicherte Verjüngung[322] erkannt werden muss, damit ein Verjüngungsvorrat angesprochen wird. Dieser Aspekt ist bei der Ergebnisbewertung ebenso zu berücksichtigen wie die Möglichkeit, dass die Naturverjüngung auf Bestandesebene aufgrund einer ausgeprägten Kraut- und Strauchschicht unterschätzt wird.

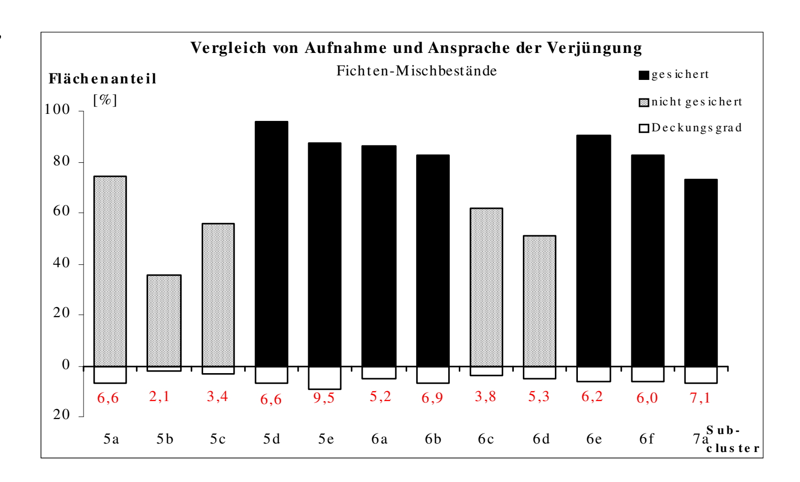
---

[321] Flächendeckung des Oberstandes <= 75 %. Das bereits verwähnte Cluster 3b wird bei der Typenkriterienansprache ebenfalls mit einer Flächendeckung von unter 75 % begutachtet.

[322] Von einer gesicherten Verjüngung kann allerdings erst dann ausgegangen werden, wenn mindestens Verjüngung der Höhenstufe 2 vorhanden ist.

Neben dem Flächenprozent zur Differenzierung von als verjüngt bzw. als nicht verjüngt angesprochenen Beständen zeigt auch der ausgewiesene Deckungsgrad deutliche Unterschiede. Als verjüngt beschriebene Subcluster weisen durchgehend Deckungsgrade von fast 5,0 und mehr auf. Hingegen sind die Deckungsgrade bei den als nicht verjüngt beschriebenen Subclustern zwischen 1,8 und 4,0. Der Vergleich zwischen Subcluster 2a und Subcluster 2b, das sich nach der Typenkriterienansprache lediglich durch das Vorhandensein von Verjüngung abgrenzen lässt, zeigt einen Deckungsgrad von 6,2 bei Subcluster 2a zu 9,8 bei Subcluster 2b. Der verhältnismäßig hohe Deckungsgrad des Subclusters 2a bei ausbleibender Beschreibung von Naturverjüngung erklärt sich, wie bereits oben erwähnt, durch das überproportional starke Auftreten von Verjüngungspflanzen der Höhenstufe 1.

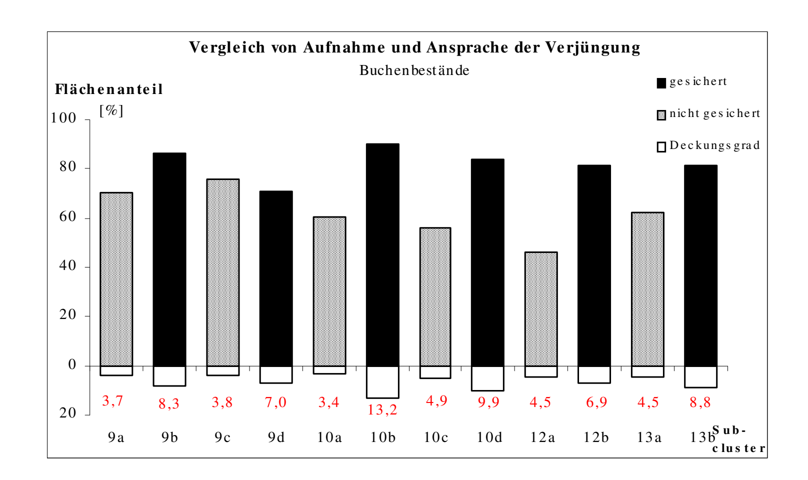
***Abb. 48**: Vergleich der verjüngten Fläche für die Subcluster der Fichten-Mischbestände.*



Die Bewertung der Ergebnisse für die Subcluster, die den Fichten-Mischbeständen zuzurechnen sind, zeigen deutliche Parallelen zu dem bereits oben Gesagten. Das durchschnittliche Flächenprozent mit Naturverjüngung liegt bei den als verjüngt beschriebenen Subclustern bei fast 86 %. Im Gegensatz zu den Einzelergebnissen bei den Fichten-Reinbeständen erreicht kein Subcluster, das als nicht verjüngt beschrieben ist, diesen Durchschnittswert. Lediglich für Subcluster 5a errechnet sich mit 74 % ein relativ hoher Wert, der deutlich über dem Durchschnittswert von 55 % der übrigen als nicht verjüngt aufgeführten Subcluster liegt. Die Abbildung 43 zeigt hierfür die Erklärung. Die am Stichprobenpunkt aufgenommene Verjüngung ist fast durchgängig der Höhenstufe 1 zugehörig.

Die durchschnittliche Fläche mit Naturverjüngung, für die als verjüngt beschriebenen Buchensubcluster, beträgt 82 %. Die übrigen Subcluster zeigen einen Durchschnittswert von 62 %. Für die Buchensubcluster ist der Deckungsgrad das deutlichere Indiz für eine ausreichende Verjüngung, die auch bei der Typenkriterienansprache erkannt wird (Abb. 49). Bei der Buche zeigt sich insgesamt der größte Unterschied im Deckungsgrad zwischen verjüngt und nicht verjüngt beschriebenen Subclustern.

***Abb. 49**: Vergleich der verjüngten Fläche für die Buchensubcluster.*

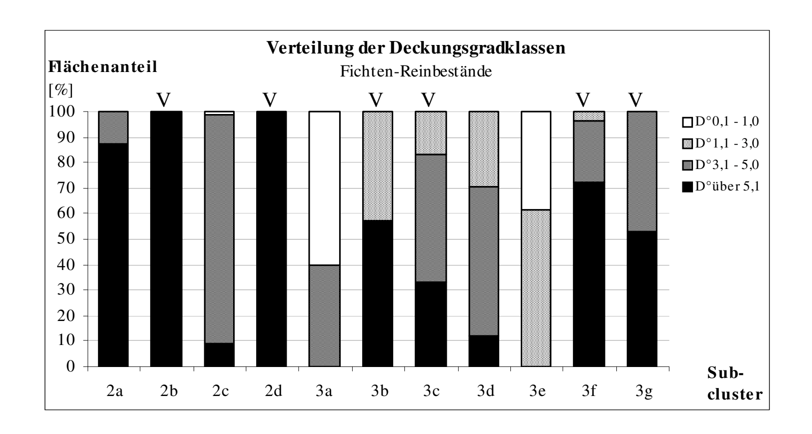


5.2.2.5.2.3 Darstellung der Verjüngungsdichte

Für eine hinreichende Analyse der Verteilungsmuster der Waldverjüngung in den einzelnen Subclustern reicht der als Durchschnitt für das gesamte Subcluster berechnete Deckungsgrad nicht aus. Der Mittelwert der Verjüngungsdichte kann sich aus einer großen Spannweite von Pflanzenzahlen auf den einzelnen Inventurpunkten zusammensetzen. Inwieweit Unterschiede der Verjüngungsdichte vorliegen, lässt sich anhand der Häufigkeitsverteilung der Verjüngungsdichte in den einzelnen Subclustern beschreiben.

Für die Darstellung der Verjüngungsdichte in den Abbildungen 50 bis 52 werden vier Überdeckungsklassen gebildet. Gegenüber der Darstellung der Mittelwerte für die Überdeckung in den Abbildungen 47 bis 49 zeigen die Abbildungen 50 bis 52 ein deutlich differenzierteres Bild der Verjüngungssitutation in einzelnen Subclustern.

***Abb. 50**: Prozentuale Anteile der Deckungsgradklassen 1 bis 4 in den fichtendominierten Reinbeständen der Wuchsklasse „Baumholz“ und „Altholz“.*

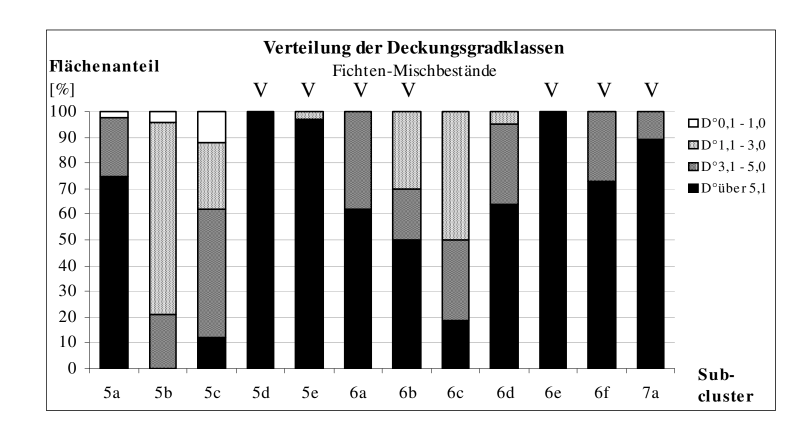


V: Bestände des Subclusters sind bei der Typenkriterienansprache als „verjüngt“ angesprochen worden.

Für die Fichtenreinbestandscluster mit angesprochener Verjüngung zeigt die Auswertung nach Überdeckungsstufen eine deutliche Dominanz in der Klasse von 3,1 bis 5,0 und der nächst höheren Klasse (Abb. 50). Lediglich beim Subcluster 3b ist ein erheblicher Anteil der

Inventurpunkte mit einer Überdeckung von 1,1 bis 3,0 festzustellen, so dass sich ein relativ inhomogenes Verteilungsmuster der Verjüngung darstellt. Für die nicht als natürlich verjüngt ausgewiesenen Cluster ergibt die Auswertung der Inventuraufnahme beim Subcluster 3a eine ungleichmäßige Verteilung der Verjüngung nach Deckungsgraden. 60 % der Inventurpunkte können als unzureichend verjüngt eingestuft werden. Hingegen ist bei 40 % der Inventuraufnahmen eine Überdeckung von 3,1 bis 5,0 auszuweisen.

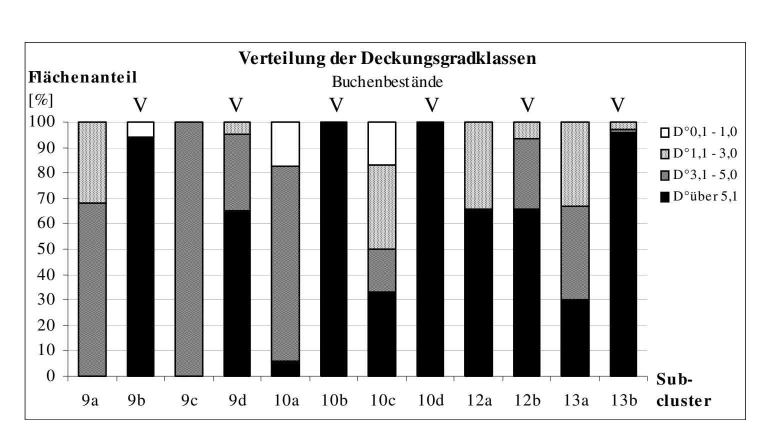
Abb. 51: *Prozentuale Anteile der Deckungsgradklassen 1 bis 4 in den fichtendominierten Mischbeständen der Wuchsklasse „Baumholz“ und „Altholz“.*



V: Bestände des Subclusters sind bei der Typenkriterienansprache als „verjüngt“ angesprochen worden.

Bei den als verjüngt klassifizierten Fichtenmischbestandsclustern haben durchgängig mehr als 50 % aller Inventuraufnahmen eine sehr hohe Überdeckung von über 5,0. Bei den nicht als verjüngt beschriebenen Subclustern zeigen die bereits durch einen hohen mittleren Überdeckungsgrad ausgewiesenen Subcluster 5a und 6d auf ein deutliches Übergewicht in der höchsten Überdeckungsstufe (Abb. 51). Die berechneten Werte liegen klar im Streubereich der Überdeckung der als verjüngt beschriebenen Subcluster.

Abb. 52: *Prozentuale Anteile der Deckungsgradklassen 1 bis 4 in den buchendominierten Beständen der Wuchsklasse „Baumholz“ und „Altholz“.*



V: Bestände des Subclusters sind bei der Typenkriterienansprache als „verjüngt“ angesprochen worden.

Für die auch bei der Typenkriterienansprache als verjüngt angesprochenen Buchensubcluster zeigt die Auswertung der Stichprobenpunktdaten, dass mindestens 65 % aller Aufnahme-

punkte in die D°-Klasse > 5,0 liegen (Abb. 52). Eine unzureichende Verjüngung – ausgedrückt durch einen D° unter 1,0 – findet sich auf wenigen Inventurpunkten des Subclusters 9b. Bei den als nicht verjüngt angesprochenen Subclustern zeigt die Häufigkeitsverteilung nach Überdeckungsklassen einige Zusammenhänge, die aus der Abbildung 49 bisher nicht ersichtlich sind.

Beispielsweise kann für das Subcluster 12a mit einem Mittelwert von unter 5,0 dennoch ein erheblicher Anteil in der D°-Klasse über 5,0 festgestellt werden. Demgegenüber errechnet sich ein deutlicher Anteil in der D°-Klasse von 1,1 bis 3,0. Es zeigt sich also, dass dieses Cluster durchaus eine deutliche Differenzierung hinsichtlich des Verteilungsmusters der Naturverjüngung besitzen. Ähnliches gilt für die Subcluster 10a. Obwohl bei der Typenkriterienansprache als nicht verjüngt klassifiziert, zeigen die Subcluster 10c und 13a Verjüngungspotenziale. Rund 30 % der Inventurpunkte fallen in die Klasse mit der höchsten Überdeckung. Für Subcluster 13a gilt, dass bei der Stichprobenpunktaufnahme immerhin an 10 Plots umfangreiche Verjüngung aufgenommen worden ist. Die dazugehörenden Kriterienansprachen weisen hingegen keine Verjüngung aus.

5.3 Datenaufbereitung für die Wachstumssimulation

5.3.1 Typenweise Erstellung von Baumlisten

Für eine Wachstumsprognose mit *SILVA* lassen sich verschiedene Datengrundlagen verarbeiten.[323] Fehlen vollflächige Strukturinformationen über die einzelnen Baumpositionen, können mit zwei unterschiedlichen Reproduktionsverfahren[324] Startwerte[325] für die Simulation erzeugt werden.

Wichtiges Ergebnis der Stichprobeninventur sind statistisch abgesicherte Stammzahl-Durchmesser-Verteilungen. Aus diesem Grund wäre es ein erheblicher Informationsverlust, wenn nicht aus den Inventurdaten stratenweise Mittel- und Summenwerte berechnet und mit diesen Größen der Reproduktionsprozess gestartet würde. Liegen bereits Stammzahl-Durchmesser-Verteilungen vor, kann der Reproduktionsschritt zur Generierung von Durchmesserverteilungen (NAGEL u. BIGING, 1995) übersprungen werden[326]

[323] Mittel- und Summenwerte der Forsteinrichtung, Vollständige Baumlisten (z. B. aus Vollkluppung), Inventurdaten auf der Basis konzentrischer Probekreise.
[324] Vgl. Abschnitt 4.4.2.2.2.1, S. 83 und Abschnitt 4.4.2.2.2.2, S. 84.
[325] Detaillierte Einzelbauminformationen inklusive der Baumposition für jedes Bestandesglied.
[326] Vgl. Abbildung 11, S. 82.

Sollen die Durchmesserverteilungen als elementares Ergebnis der Betriebsinventur genutzt werden, lässt sich entweder die Inventurschnittstelle[327] einsetzen oder der Strukturgenerator (*STRUGEN*). Mit diesem lassen sich sowohl für Bestandesmittelwerte als auch für vollständige Baumlisten ohne Baumpositionen Bestandesstrukturen mit Baumpositionen erzeugen. Um diese Funktion nutzen zu können, sind aus den Ergebnissen der Betriebsinventur zunächst Baumlisten zu erstellen. Hierzu ist eine Schnittstelle zwischen dem zentralen Steuermodul[328] und dem Wachstumssimulator *SILVA*, der in Abschnitt 4.4.2[329] vorgestellt worden ist, geschaffen worden.

Die Erstellung einer Baumliste erfolgt für einen ausgewählten Typ als Ergebnis einer Einzelabfrage oder als Auswahl aus einem vollständigen Typenkatalog, indem aus den selektierten Stichprobenpunkten eine Stammzahl-Durchmesser-Verteilung[330] berechnet wird. Bezugsfläche ist dabei standardmäßig 1 ha. Als Ergebnis dieser Prozedur liegt eine Datei für einen *„virtuellen“* typentypischen Bestand vor, in der für jede 1-cm-Stufe die entsprechende Anzahl an Einzelbäumen vorliegt. Dieses Vorgehen entspricht quasi der Vollaufnahme eines typentypischen Bestandes. Nutzt aber stattdessen die Durchmesserinformationen aus mehreren Stichprobenpunkten, die nach der Typenkriterienansprache den gleichen Typ repräsentieren. Liegen bereits Höhenmessungen vor, können diese ebenfalls aus der Betriebsinventur übernommen werden, so dass bei der Reproduktion auf den Schritt der Höhenergänzung für jeden Einzelbaum verzichtet werden kann.[331] Im Vergleich zum Einsatz der Inventurschnittstelle werden lediglich die Informationen aus der Einmessung der Baumposition nicht für den Reproduktionsprozess mittels *STRUGEN* verwendet.

5.3.1.1 Baumlisten der fichtendominierten Subcluster als Startgrößen der Wachstumssimulation

Als Ergebnis des vorgestellten Verfahrens zur Erstellung typenweiser Baumlisten existiert für jedes Subcluster eine naturale Ausgangssituation, die im Mittel die naturalen Verhältnisse eines typentypischen Bestandes abbildet (Tab. 18).

---

[327] Diese nutzt neben den Durchmesserverteilungen auch die Informationen, die sich aus den eingemessenen Baumpositionen ergeben.
[328] Vgl. Abbildung 8, S. 60.
[329] Siehe hierzu S. 76.
[330] Der gemessene Durchmesser wird auf ganze Zentimeter auf- bzw. abgerundet.
[331] Vgl. Abbildung 11, S. 82.

Tab. 18: Dendrometrische Kenngrößen und Angaben zur vertikalen Struktur der errechneten Baumlisten für Fichtencluster.

Haupt-cluster	Subcluster – F i c h t e												
	Bez.	N	Stammzahl alle BaGr					Strutyp=1, BaGr=Fi					Gesamt-vorrat [Vfm/ha]
			gesamt	Strukturtyp				d_g [cm]	h_g [m]	d_{100} [cm]	h_{100} [m]	Stammzahl	
				1	2	3	4						
1 Stgh	*a*	63	907	865	42			19,2	18,1	32,2	20,7	818	230
	b	18	1.018	953	64		1	16,7	15,6	26,3	17,7	860	168
2 Alth	*a*	39	471	459	5		7	31,5	26,9	42,1	28,8	400	446
	b	19	363	327	36			35,7	29,3	45,0	30,9	288	451
	c	185	491	459	28	4		30,6	26,5	43,0	28,6	453	422
	d	38	305	298	6		1	35,7	29,3	44,6	31,0	284	420
3 Bmh	*a*	14	114	112			1	55,6	37,4	56,6	37,5	110	433
	b	12	100	100				52,1	36,2	52,1	36,2	100	338
	c	14	294	204	38	50	2	39,8	32,3	49,9	33,1	178	379
	d	72	327	298	29			40,5	32,0	53,0	33,7	293	559
	e	20	428	294	112		22	37,6	30,6	48,6	32,2	250	486
	f	39	303	261	40		2	45,0	33,6	54,2	35,0	251	618
	g	17	255	250	5			46,8	34,2	55,3	35,5	235	647
4 Alth	*a*	20	754	620		113	1	19,2	17,7	27,0	19,5	461	186
	b	19	722	686	32		3	20,3	19,3	29,8	21,0	410	237
5 Alth	*a*	51	481	457	24			30,1	26,0	39,4	27,7	351	430
	b	36	342	313	26		3	35,1	29,0	43,2	30,3	225	433
	c	38	556	461	92		3	31,0	26,6	39,5	28,1	293	391
	d	22	390	342	48			32,6	27,8	41,6	29,2	246	419
	e	39	355	318	36		1	39,8	31,3	45,1	32,2	169	542
6 Bmh	*a*	31	210	148	62			48,9	35,1	49,3	35,2	108	420
	b	22	141	132	9			50,8	35,7	50,8	35,7	60	413
	c	23	425	340	85			39,3	31,6	47,7	32,8	192	504
	d	27	279	260	19			42,7	32,6	47,6	33,4	158	548
	e	46	242	222	18		2	42,1	32,3	46,3	32,9	147	440
	f	29	240	220	20			48,6	35,1	51,5	35,5	128	609
7 Bmh	*a*	11	202	202				46,5	34,1	46,5	34,3	108	501

d_g: Durchmesser des Grundflächenmittelstammes
h_g: Höhe des Grundflächenmittelstammes
d_{100}: Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume
h_{100}: Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume
Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

Bei der Erstellung der Baumlisten ist allerdings zu beachten, dass nur Bäume des Strukturtyps 1 (Oberstand) berücksichtigt werden. Der typische Bestand des Subclusters 1a umfasst beispielsweise 865 Bäume je ha. Die aus der Stichprobeninventur zusätzlich ableitbaren Stammzahlen für die übrigen Strukturtypen, in diesem Fall 42 weitere Bäume im Unterstand (Strutyp=2), werden nicht in die Baumliste übernommen. Die Berechnungsergebnisse werden anschließend für eine automatische Fortschreibung mit *SILVA* übergeben. In der Tabelle 18 werden speziell für die Fichte einige aggregierte Kennzahlen mitgeteilt, die aus der Einzelbaumliste berechnet werden.

Die Tabelle 19 zeigt den Vergleich zwischen den Mischungsanteilen aus der Typenkriterienansprache und den aus der Baumliste berechneten Baumartenanteilen. Der Mischungsanteil aus der Typenkriterienansprache errechnet sich aus der im Zuge der Bestandesansprache klassenweise erfolgten Einschätzung der relativen Überschirmungsanteile.[332] Aus sämtlichen zu einem Subcluster gehörenden Typenkriterienansprachen wird der Mittelwert gebildet und mit den vorratsbezogenen Mischungsanteilen verglichen, die sich aus der erzeugten Baumliste errechnen lassen. Der Vergleich beider Mischungsanteile zeigt für Reinbestände durchweg eine sehr gute Übereinstimmung.

***Tab. 19**: Mischungsanteile nach Typenkriterienansprache und der aus den zugeordneten Stichprobendaten errechneten Baumlisten für Fichtencluster.*

Clusterbezeichnung			**Mischungsanteil** [%] der Typenkriterienansprache				**Mischungsanteil** [%] der Baumliste			
Haupt-cluster	**Sub-cluster**	**N**	Fi	Ta	Ki	Bu	Fi	Ta	Ki	Bu
1 Stgh	a	63	100				92		1	7
	b	18	91	1	2	6	84	1	3	12
2 Bmh	a	39	91	1	8		86	2	12	
	b	19	92		8		82		18	
	c	185	99			1	99			1
	d	38	99			1	94		1	5
3 Alth	a	14	100				100			
	b	12	100				100			
	c	14	92	4	4		79	11	2	8
	d	72	100				99			1
	e	20	92	2	4	2	80	6	8	6
	f	39	100				96	1	3	
	g	17	92	2	5	1	94		6	
4 Stgh	a	20	78	1	2	19	68	4	5	23
	b	19	77	10	13		58	22	20	
5 Bmh	a	51	77	4	19		67	2	31	
	b	36	68	29		3	64	28	1	7
	c	38	82			18	74			26
	d	22	79	7	14		58	19	23	
	e	39	69	20		11	50	27		23
6 Alth	a	31	77	6	17		70	8	22	
	b	22	66	23		11	40	37		23
	c	23	76	1	3	20	62	2	9	27
	d	27	80	10	10		58	26	16	
	e	46	70	11	18	1	58	15	27	
	f	29	71	19		10	53	32	1	14
7 Alth	a	11	37	31	16	16	48	35	12	5

grau hinterlegt: Unterschied zwischen den Mischungsanteilen der Typenkriterienansprache und den Mischungsanteilen der Baumliste beträgt mehr als 10 %. Die Abstufung kennzeichnet die Fälle: Differenz > 10 % und <19,9 % sowie > 20 %. (schraffiert).
Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

[332] Vgl. Tabelle 8, S. 129: Typenmerkmal *„Flächendeckung des Oberstandes"*.

Bei dieser und auch der nachfolgenden Bewertung der Ergebnisse für Mischbestände sind die unterschiedlichen Ansätze[333] zur Bestimmung der Mischungsanteile zu berücksichtigen. Die Werte, für die der Mischungsanteil der Typenkriterienansprache gegenüber dem Mischungsanteil aus der Baumliste um mehr als 10 % abweicht, sind in der Tabelle 19 hervorgehoben.

5.3.1.2 Baumlisten der buchendominierten Subcluster als Startgrößen der Wachstumssimulation

Ebenso wie für die fichtendominierten Subcluster werden für die vierzehn buchendominierten Subcluster Baumlisten nach dem in Abschnitt 5.3.1[334] vorgestellten Verfahren erstellt (Tab. 20).

***Tab. 20**: Dendrometrische Kenngrößen und Angaben zur vertikalen Struktur der errechneten Baumlisten für Buchencluster.*

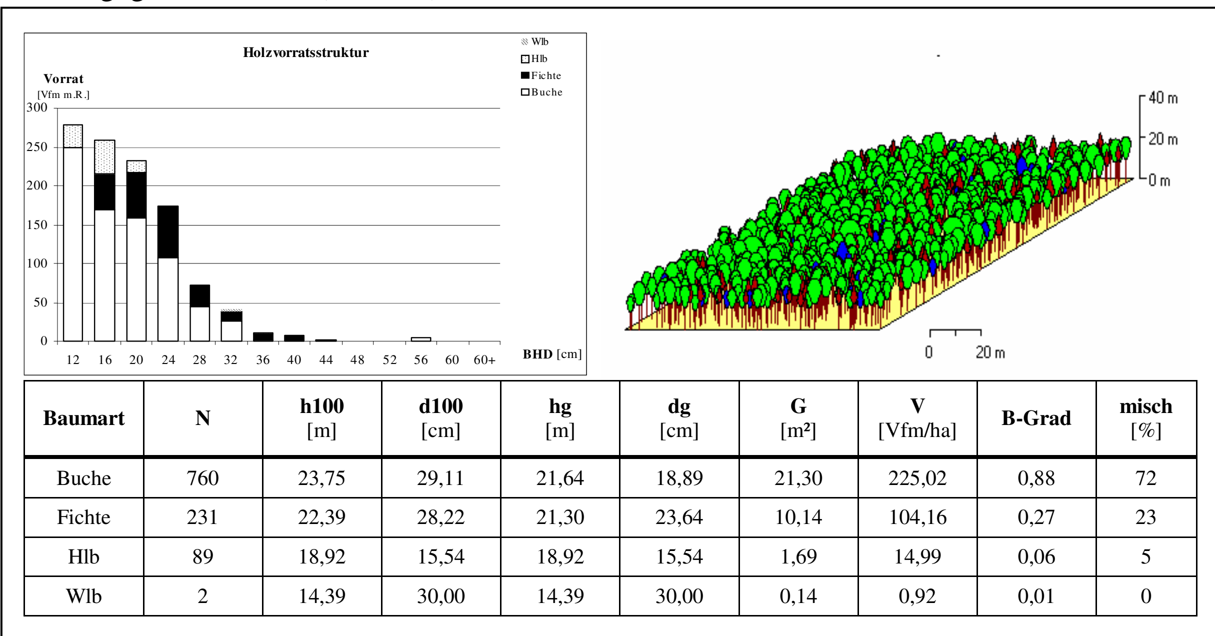
Haupt-cluster	Subcluster – B u c h e												
	Bez.	N	Stammzahl alle BaGr					Strutyp=1, BaGr=Bu					Gesamt-vorrat [Vfm/ha]
			gesamt	Strukturtyp				d_g [cm]	h_g [m]	d_{100} [cm]	h_{100} [m]	Stammzahl	
				1	2	3	4						
8 Stgh	a	13	1206	996	208		2	17,6	20,5	27,2	22,8	930	248
9 Bmh	a	29	548	424	124			27,9	27,3	36,6	28,7	369	354
	b	50	251	225	26			34,9	30,7	40,9	31,6	215	335
	c	34	533	472	60		1	25,6	26,1	34,8	27,7	386	339
	d	22	301	300			1	33,1	29,9	38,7	30,7	204	350
10 Alth	a	41	257	199	55		3	36,2	31,3	41,0	32,0	168	339
	b	85	215	188	27			38,9	32,3	43,9	33,1	171	361
	c	16	328	268	57		3	33,5	30,3	41,3	31,4	218	394
	d	53	182	174	8			40,5	33,0	45,1	33,6	157	382
11 Stgh	a	12	1.246	1.082	164			18,9	21,6	29,1	23,8	760	345
12 Bmh	a	56	496	391	105			28,1	27,5	34,8	28,6	229	349
	b	45	318	264	54			32,4	29,7	37,3	30,5	186	361
13 Alth	a	35	311	266	45			34,3	30,7	38,5	31,3	153	463
	b	78	210	174	36			41,1	33,2	41,3	33,3	106	395

dg: Durchmesser des Grundflächenmittelstammes
hg: Höhe des Grundflächenmittelstammes
d100: Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume
h100: Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume
Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

Durchmesserverteilung, wie in der Abbildung 53 zu sehen, erzeugt werden.[335] Mit entsprechenden Stammfußkoordinaten versehen, können die typentypischen Bestände als dreidimensionale Blockbilder dargestellt werden. Diese zeigen die räumliche Verteilung der Einzel-

[333] Geschätzter Grad der Überschirmung der Bestandesfläche versus Berechnung des Mischungsanteils bei bekanntem Vorrat (vgl. SPEIDEL, 1972: *S. 227*).
[334] Siehe hierzu S. 160.
[335] Die Bildung von 4-cm-Durchmesserklassen erfolgt hier aus darstellerischen Gründen. Aus der Einzelbaumliste kann natürlich genauso eine Durchmesserverteilung in 1-cm-Stufen erstellt werden.

bäume auf der idealisierten Bestandesfläche. Zusätzlich zu den wichtigsten bereits in der Tabelle 20 mitgeteilten Informationen können weitere Kennzahlen insbesondere für Mischbaumarten angegeben werden (Abb. 53).



Baumart	N	h100 [m]	d100 [cm]	hg [m]	dg [cm]	G [m²]	V [Vfm/ha]	B-Grad	misch [%]
Buche	760	23,75	29,11	21,64	18,89	21,30	225,02	0,88	72
Fichte	231	22,39	28,22	21,30	23,64	10,14	104,16	0,27	23
Hlb	89	18,92	15,54	18,92	15,54	1,69	14,99	0,06	5
Wlb	2	14,39	30,00	14,39	30,00	0,14	0,92	0,01	0

***Abb. 53**: Stammzahl-Durchmesser-Verteilung, Bestandesansicht sowie die tabellarische Ausgabe der wichtigsten Bestandesparameter für ein einzelnes Subcluster (11a).*

In der Tabelle 21 findet sich analog zu Tabelle 19[336] die Darstellung der Mischungsanteile, die sich zum einen aus der Typenkriterienansprache ergeben und zum anderen aus der Baumliste errechnet werden können. Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt das bereits oben zur Auswertung der Ergebnisse von Tabelle 19 Gesagte. Die Ergebnisse sind immer unter dem Aspekt der unterschiedlichen Ansätze zur Ermittlung der Mischungsanteile zu sehen. Im Vergleich zeigt sich allerdings, dass die Übereinstimmung bei der Buche insgesamt etwas besser ist. Bei den Fichtenclustern ist zwischen den Mischungsanteilen der Typenkriterienansprache und den Mischungsanteilen der Baumliste häufig eine Verschiebung innerhalb der drei Nadelbaumarten festzustellen. Das heißt, dass der Mischungsanteil der Fichte gegenüber Kiefer und sonstigem Nadelholz bei der Typenkriterienansprache höher ist als bei der Auswertung der Baumliste. Bei der Buche zeigt sich überwiegend eine Verschiebung zwischen Buche und Fichte. Der Buchenanteil aus der Typenkriterienansprache wird bei der Auswertung der Baumliste zu Gunsten höherer Fichtenanteile geringer. Lediglich bei Subcluster 12a ist zwischen den Mischungsanteilen eine Verschiebung zwischen Buche und sonstigem Hartlaubholz zu erkennen.

[336] Siehe hierzu S. 163.

Tab. 21: Mischungsanteile nach Typenkriterienansprache und der aus den zugeordneten Stichprobendaten errechneten Baumlisten für Buche.

Clusterbezeichnung			**Mischungsanteil** [%] der Typenkriterienansprache				**Mischungsanteil** [%] der Baumliste			
Haupt-cluster	**Sub-cluster**	**N**	Bu	Fi	Hlb	Ki	Bu	Fi	Hlb	Ki
8 Stgh	a	13	97	1	2		93	2	5	
9 Bmh	a	29	100				91	6	3	
	b	50	100				98	1	1	
	c	34	92	7		1	82	8	7	3
	d	22	92	6	1	1	80	14	4	2
10 Alth	a	41	100				89	6	5	
	b	85	100				96		4	
	c	16	92	8			81	11	3	5
	d	53	92	7	1		93	5	2	
11 Stgh	a	12	69	26	5		72	23	5	
12 Bmh	a	56	75	18	6	1	63	21	16	
	b	45	75	19	5	1	73	17	9	1
13 Alth	a	35	79	15	3	3	60	24	6	10
	b	78	76	19	4	1	68	23	9	

grau hinterlegt: Unterschied zwischen den Mischungsanteilen der Typenkriterienansprache und den Mischungsanteilen der Baumliste beträgt mehr als 10 %.
Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

5.3.2 Nutzen der Typenkriterienansprache

Die Ergebnisse aus den Tabellen 19 und 21 haben bereits die Aussagekraft der Typenkriterienansprache gezeigt. Die Erstellung von typentypischen Beständen über die Auswertung der Typenkriterienansprache hat gegenüber einem Ansatz, der nur auf den Stichprobendaten fußt, weitere Vorzüge. Eine nur auf die Mischungsanteile am Stichprobenpunkt bezogene Erstellung von fortzuschreibenden Beständen hätte tatsächlich die Entmischung von Beständen zur Folge. Ein Stichprobenpunkt an dem überwiegend oder vollständig Buchen erhoben werden, würde ohne weitere Typenkriterienansprache auch der umliegenden Bestandesfläche einem Buchenbestand zuzurechnen sein. Durch die zusätzliche Typenkriterienansprache besteht hingegen die Möglichkeit, auch für gemischte Bestände mit flächigen Mischungsformen zutreffende typentypische Bestände zu erzeugen. Erfolgte die oben beschriebene Aufnahme des Stichprobenpunktes in einem Buchenhorst innerhalb eines Fichtenbestandes, kann durch Nutzung der Typenkriterienansprache diese Gegebenheit Berücksichtigung finden. Die Möglichkeiten der Typenkriterienansprache werden im Folgenden kurz an zwei Beispielen dargestellt.

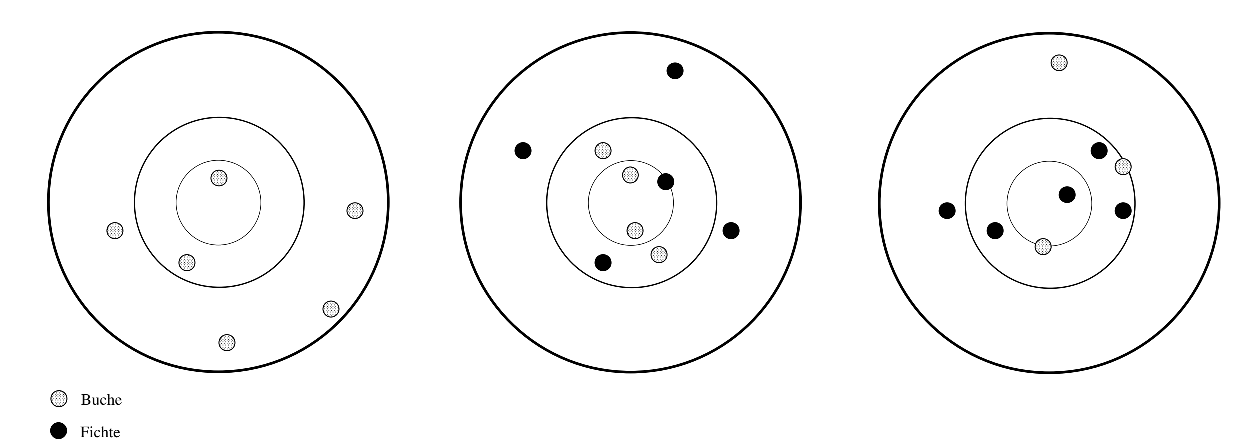


Abb. 54: *Drei Stichprobenpunkte des Subclusters 9c mit unterschiedlichen Mischungsanteilen der Fichte (keine BHD-proportionale Darstellung).*

Die beiden Subcluster 5c und 5e der Bestandesklasse Fichte[337] sind als Fichten-Buchen-Mischbestände ohne Fichtenverjüngung sowie als Fichten-sonst.Ndh.-Buchen-Mischbestände mit Fichtenverjüngung der Wuchsklasse *„Baumholz"* beschrieben. Die Anzahl der Typenkriterienansprachen für Subcluster 5c beträgt 38 Bestandesansprachen, für Subcluster 5e liegen 39 Bestandesansprachen vor. Eine genaue Analyse der dazugehörigen Stichprobenaufnahmen ergibt, dass einige der Stichprobenpunkte weitgehend oder vollständig von Buche dominiert werden. Für das Subcluster 5c existieren immerhin 5 und für das Subcluster 5e gibt es 6 Stichprobenpunkte, die von Buche geprägt sind. Somit gilt das oben Gesagte; eine nur auf der Auswertung von Stichprobenpunkten basierende Erzeugung von fortzuschreibenden Beständen wird in beiden Fällen der tatsächlichen Bestandessituation mit flächigen Mischungsstrukturen nicht gerecht.

Als zweites Beispiel soll das Subcluster 9c betrachtet werden.[338] In diesem Subcluster werden Buchen-Reinbestände ohne Verjüngung mit Fichtenbeimischung zusammengefasst. Eine Auswertung der zugeordneten Stichprobenpunkte ergibt auch hier, dass einige Stichprobenpunkte von Fichte dominiert sind und unter dem Merkmal *„Mischungsanteil am Stichprobenpunkt"* als Fichtenplots gelten. Die Abbildung 54 zeigt drei Stichprobenpunkte aus dem Subcluster 9c. Von links nach rechts ist die Abfolge eines steigenden Mischungsanteils der Fichte am Stichprobenpunkt dargestellt.

---

[337] Vgl. Tabelle 11, S. 135.
[338] Vgl. Tabelle 13, S. 138.

5.3.3 Betriebsspezifische Leitkurven zur Steuerung der Durchforstungsstärke

Zur Steuerung der Durchforstungsstärke bietet *SILVA* zwei Alternativen an. Das Entnahmevolumen kann über die Vorgabe einer Stammzahl- oder Grundflächenleitkurve gesteuert werden. Hierfür muss die angestrebte Stammzahl- oder Grundflächenentwicklung in Abhängigkeit von der Oberhöhe als Polynom vorgegeben werden. Datengrundlagen für diese oberhöhengesteuerten Entwicklungslinien können zum einen anerkannte Pflegegrundsätze und Pflegerichtlinien sein, zum anderen ist die zielgerichtete Auswertung der Stichprobeninventur selbst ein beachtliches Informationspotenzial. Für Durchforstungskonzepte, bei denen eine Auswahl von Z-Bäumen stattfindet sowie bei der Zielstärkennutzung, ist die Berechnung und Vorgabe entsprechender Leitkurven hingegen nicht notwendig.

Ein Anwendungsbeispiel zur Berechnung von Baumzahlleitkurven für Fichten-Buchen-Mischbestände auf der Grundlage von überbetrieblichen Pflegerichtlinien findet sich bei BRÄUNIG u. DIETER (1999). Die Vorgaben aus den Pflegerichtlinien stellen allerdings häufig nur die Entwicklung im Reinbestand dar. Die Übertragung auf Fichten-Buchen- bzw. Buchen-Fichten-Mischbestände unterschiedlicher Mischungsanteile ist erst nach zusätzlicher Berücksichtigung baumartenindividueller Standraumflächen möglich.[339] Stehen keine zusätzlichen betriebsindividuellen Informationen über die tatsächliche Stammzahlentwicklung bzw. die Grundflächenhaltung im Betrieb zur Verfügung, ist dieser deduktive Ansatz das Mittel der Wahl. Im Unterschied zu Bestandesinventuren stellen die Ergebnisse von Stichprobeninventuren weiterführende Informationen zur Verfügung, die nachfolgend zur induktiven Ableitung betriebsspezifischer Leitkurven genutzt werden sollen und mit denen anderen Modellvorgaben verglichen werden können. Einschränkend gilt, dass die ermittelten Grundflächen und Stammzahlen zunächst nur wichtige Weiser zur Analyse der früheren Bestandesbehandlung sind, die nicht zwingend mit den zukünftigen waldbaulichen Vorstellungen übereinstimmen müssen.

5.3.3.1 Stammzahlorientierte Leitkurven

Für die Berechnung betriebsindividueller Stammzahlleitkurven, die auch zur Steuerung der Durchforstung in einzelnen Subclustern Verwendung finden können, werden zunächst aus allen Inventurdaten Entwicklungslinien für ideelle Reinbestände nach dem Prinzip der Wuchsreihenanalyse berechnet.

[339] Vgl. BRÄUNIG u. DIETER (1999: *S. 142f.*).

5.3.3.1.1 Fichte

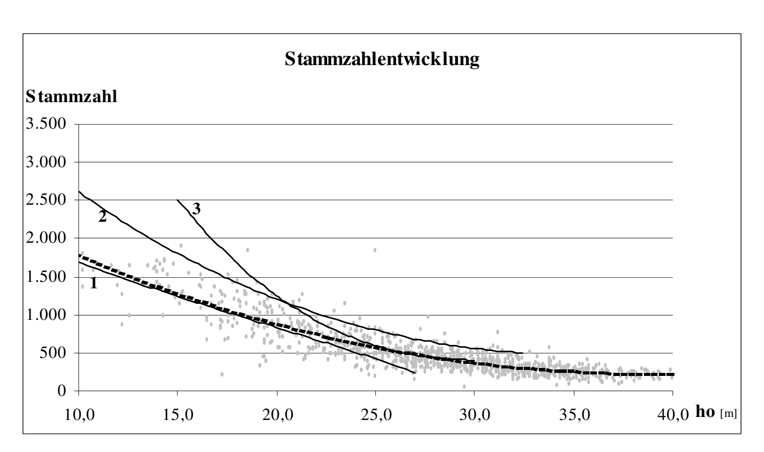
Die Abbildung 55 zeigt die Stammzahlentwicklung über der Oberhöhe für Fichte als unechte Altersreihe. Berechnungsgrundlage sind alle Stichprobenpunkte, die der Bestandesklasse Fichte zugeordnet werden können. Zur Überprüfung und Einschätzung der berechneten Stammzahlentwicklung sind drei aus der Literatur bekannte Entwicklungslinien zusätzlich in der Abbildung 55[340] dargestellt. Dazu gehört zunächst die Baumzahlleitkurve für ein von STRÜTT (1991) vorgestelltes standortsspezifisches Fichtenproduktionsprogramm mit dem Ziel der Stark- und Wertholzproduktion in Fichtenreinbeständen. Außerdem ist eine altersabhängige Baumzahlleitkurve wiedergegeben, die im Rahmen der Untersuchung von BRÄUNIG u. DIETER (1999) Verwendung findet. Als ältere Quelle ist die Baumzahlleitkurve aus einer Durchforstungshilfe (Df-Hilfe Fi 75) abgebildet, die für Baden-Württemberg entwickelt worden ist und ein Auslese-Durchforstungskonzept umsetzt (STRÜTT, 1991).

Ein Vergleich zeigt, dass die tatsächliche Stammzahlentwicklung im Untersuchungsbetrieb bis zu einer Oberhöhe von 20 m der von STRÜTT (1991) mitgeteilten Produktionsvariante entspricht. Anschließend erreicht diese Produktionsvariante allerdings bereits bei einer Oberhöhe von 27 m die Endbaumzahl von 250. Die betriebliche Stammzahlentwicklung zeigt in diesem Bereich hingegen noch eine deutlich höhere Anzahl an Bäumen. Eine vergleichbare Endbaumzahl wird erst bei einer Oberhöhe von 35 m erreicht. Da die Simulationsläufe in den Subclustern der Wuchsklasse *„Stangenholz“* frühestens bei einer Oberhöhe von ca. 18 m[341] beginnen, kann vernachlässigt werden, dass sowohl die Produktionsvariante von STRÜTT (1991) als auch die betriebliche Stammzahlentwicklung bis zu dieser Höhe nach neuesten Erkenntnissen immer noch zu steil verlaufen und im Bereich der Dickungspflege geringere Stammzahlen anzustreben sind. Im Vergleich zu den beiden anderen Referenzentwicklungen zeigt sich aber im Betrieb bereits die Tendenz zu einer deutlich geringeren Stammzahlhaltung.

---

[340] Vgl. Legende zu Abb. 55.
[341] Vgl. Tabelle Tab. 18, Subcluster 1b: Startgröße der Oberhöhe ist dort 17,7 m.

Abb. 55*: Stammzahlentwicklung für Typenklasse „Fichte“ aus den Ergebnissen der Stichprobeninventur im Vergleich zu ausgewählten Baumzahlleitkurven.*



- *1. Standortsspezifisches Produktionsmodell für bessere Bonitäten, befahrbares Gelände und relativ geringes Risiko (intensive Variante mit der Möglichkeit zur Wertholzproduktion)(STRÜTT, 1991: S. 146).*
- *2. Pflegerichtlinien für Fichte (BAYERISCHE OBERFORSTDIREKTION AUGSBURG, 1989 zitiert **In**: BRÄUNIG u. DIETER, 1999: S. 142).*
- *3. Df-Hilfe Fi 75 für Fichtenbestände auf stabilen Standorten mit dem Ziel der Starkholzproduktion (zitiert In: STRÜTT, 1991: S. 174).*
- *Funktionaler Ausgleich ($-0,0043x^3 + 2,1955x^2 - 152,74x + 3090$; $R^2 = 0,81$).*

Als weitere Spezifikation der in der Abbildung 55 dargestellten Stammzahlentwicklung werden korrespondierend zu den 3 Mischungsgruppen, die bereits zur Bildung der Hauptcluster führten (Tab. 10), in einem weiteren Schritt drei Stammzahlleitkurven berechnet. Um abschließend die Stammzahlentwicklung in einzelnen Subclustern fortschreiben zu können, wird eine Kurvenschar berechnet, die die Stammzahlleitkurve in jedem einzelnen Subcluster im Vergleich zum Durchschnitt über alle Subcluster einer Mischungsgruppe darstellt.[342]

Die Berechnung der Stammzahlentwicklung der Mischbaumarten in einzelnen Subclustern erfolgte analog der Hauptbaumart. Berechnungsgrundlage der Stammzahlleitkurven für die Mischbaumarten *„Buche“*, *„sonst. Ndh.“* und *„Kiefer“* sind dabei alle Stichprobenpunkte mit einem Mischungsanteil der genannten Baumarten von weniger als 90 %. Eine weitergehende Differenzierung in Mischungsanteilsgruppen ist aufgrund der Stichprobenumfänge nicht möglich.

Bevor die Durchforstungsstärke in einzelnen Subclustern bei der Naturalprognose über die berechneten Stammzahlleitkurven gesteuert werden kann, müssen die Entwicklungslinien als polynomische Funktionen an *SILVA* übergeben werden. Dazu werden durchgängig Polynome dritten Grades errechnet. Für das Subcluster 5c werden beispielsweise für die Fichte die Parameter der Gleichung $N = 0,0101h_o^3 + 0,36h_o^2 - 73h_o + 1833$
und für Buche die Parameter der Gleichung

$$N = -0,0344h_o^3 + 3,28h_o^2 - 107h_o + 1284$$

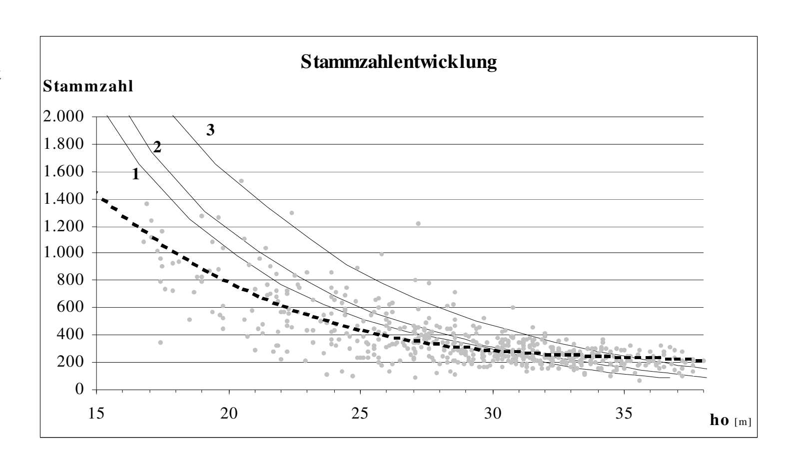
übergeben.

[342] Einhängepunkt ist die Stammzahl N bei h_o aus Tabelle 18.

5.3.3.1.2 Buche

Die mit der Höhenentwicklung einer Bestockung korrespondierende Stammzahlentwicklung der Buche für den Oberhöhenbereich von 15 m bis 38 m zeigt die Abbildung 56. Durch die Auswertung der Stichprobenerhebungen, die in Beständen unterschiedlichen Alters erfolgen, kann eine Analyse des räumlichen Nebeneinanders auch als ein zeitliches Nacheinander interpretiert werden.

***Abb. 56**: Stammzahlentwicklung für Typenklasse „Buche" aus den Ergebnissen der Stichprobeninventur im Vergleich zu ausgewählten Baumzahlleitkurven.*



- *1. Stammzahlentwicklung für den Buchen-Lichtwuchsbetrieb (I. Ekl.), (FREIST, 1962: S. 39).*
- *2. Stammzahlentwicklung I. Ekl. starke Durchforstung, (SCHOBER, 1995).*
- *3. Stammzahlentwicklung I. Ekl. mäßige Durchforstung, (SCHOBER, 1995).*
- *Funktionaler Ausgleich ($-0{,}1348x^3 + 14{,}121x^2 - 500{,}14x + 6225$; $R^2 = 0{,}67$).*

Aufgrund der Bestockungssituation im Untersuchungsbetrieb ist die Belegungsdichte für Oberhöhen unterhalb von 25 m deutlich geringer als oberhalb dieses Wertes. Im Vergleich zu anderen ertragstafelgestützten Stammzahlleitkurven zeigt die betriebliche Ist-Situation bis zu einer Oberhöhe von 30 m deutlich geringere Stammzahlen. Danach allerdings erreicht die betriebliche Stammzahlkurve eine Endbaumzahl von 200 Buchen pro Hektar. Diese Größenordnung ist näher an der mäßigen Durchforstung als an den Angaben für den Buchen-Lichtwuchsbetrieb bzw. der starken Durchforstung nach SCHOBER (1995). Der Wert entspricht weder der aktuellen waldbaulichen Lehrmeinung zur Buchenbewirtschaftung noch den aktuellen betrieblichen Vorgaben von etwa 110 Z-Bäumen im Endbestand.

Um den Einfluss des Mischungsanteils auf die Stammzahlentwicklung in buchendominierten Beständen zu untersuchen, sind die Entwicklungstendenzen für die drei Mischungsanteilsgruppen *„größer 90 %"*, *„50 % bis 90 %"* sowie für Bestände mit einem Buchenanteil *„kleiner 50 %"* gesondert berechnet worden.

5.4 Zeitreihenanalyse für Rohholzpreise und forstbetriebliche Kostengrößen

Die wirtschaftliche Situation der deutschen Forstwirtschaft hat sich in den letzten Jahren drastisch verschlechtert. Eine Schlüsselrolle bei der wirtschaftlichen Gesamtsituation kommt der Entwicklung der Rohholzpreise zu, auf die der einzelne Forstbetrieb nur einen sehr begrenzten Einfluss hat (LÖFFLER, 1995). Der deutsche Rohholzmarkt folgt insbesondere bei den Preisen für Massenware dem internationalen Marktgeschehen. Die Preisentwicklungen beim Rohholz nach Großkalamitäten zeigen, dass die Voraussetzungen eines vollkommenen Marktes nicht gegeben sind.[343] BARTELHEIMER (2001: *S. 951*) erkennt in zunehmendem Umfang *„oligopolistische Nachfragestrukturen“*[344] am Rohholzmarkt in Deutschland, speziell auf dem Industrieholzmarkt.[345]

Forstbetriebe beziehen rund *„95 % ihres Betriebsertrages“* aus dem Verkauf von Rohholz (BEHRNDT, 1989: *S. 78*). Eine dem wirtschaftlichen Umfeld angepasste Preisentwicklung ist somit ein wichtiger Faktor für den betriebswirtschaftlichen Erfolg. Rohholzpreise unterliegen, wie viele andere Rohstoffe, allerdings starken konjunkturellen und weltwirtschaftlichen Abhängigkeiten, die zusammen mit eher kurzfristigen Erscheinungen (Kalamitäten) zu Schwankungen beim Rohholzpreis führen (MOSANDL u. KNOKE, 2002). Eine relative Preisstabilität auf dem Rohholzmarkt ist daher selten von längerer Dauer (KROTH u. BARTELHEIMER, 1993). Grundsätzlich können Forstbetriebe allerdings auf die Volatilität beim Rohholzpreis besser reagieren als andere Industrien auf Preisschwankungen am Markt. Vorausgesetzt die Liquiditätslage steht dem nicht entgegen, können wirtschaftliche Aufschwungphasen prozyklisch genutzt werden.[346]

Das Vorgehen *„aktuelle Preis-Kosten-Relationen als langfristig gültig“*[347] zu unterstellen (HANEWINKEL, 1998: *S. 195*; DENSBORN, 1999a: *S. 77*) ist eine Möglichkeit, um mit der Prognoseschwierigkeit einer zukünftigen Kosten- und Erlösentwicklung umzugehen. Eine Beschränkung auf diesen statischen Ansatz führt allerdings dazu, dass wesentliche Zusammenhänge nicht genutzt werden können, die sich aus einer über einen längeren Beobachtungszeitraum erstreckende Zeitreihenanalyse von forstbetrieblichen Kosten- und Erlösdaten ergeben. Im Sinne alternativer Szenarien sind zusätzlich zu einem statischen Kosten-Erlös-Ansatz weitere Varianten mit dynamischen Kosten-Erlös-Relationen sinnvolle Ergän-

[343] Nach BARTHELMEINER (2001: *S. 951*) gilt: *„Je stärker die oligopolistischen Strukturen auf der Nachfrageseite ausgeprägt sind, desto schneller, tiefgreifender und dauerhafter kann der ausgelöste Preiseinbruch sein.“*
[344] In diesem Fall stehen wenige Käufer (Nachfrager) einer Vielzahl von Verkäufern (Anbietern) gegenüber.
[345] BARTELHEIMER (2001) nennt als Ursache den zunehmenden Konzentrationsprozess in der Papierindustrie.
[346] Vgl. MOOG (1991: *S. 249*) bzw. Fußnote 269, S. 119.
[347] Ceteris paribus.

zungen betriebswirtschaftlicher Kalkulationen mit längerfristigem Zeithorizont.[348] Um den Effekt unterschiedlicher Marktsituationen darzustellen, verwenden beispielsweise BÖRNER u. ROEDER (1994) Holzpreise aus Jahren mit deutlich abweichendem Preisniveau.[349]

Für die Untersuchung der Rohholzpreisentwicklung eignen sich Zeitreihenanalysen, bei denen Preisindizes Verwendung finden (BERGEN et al., 1988; BEHRNDT, 1989; KROTH u. BARTELHEIMER, 1993). Die Zeitreihenanalyse untersucht als Spezialfall der Regressionsanalyse die Abhängigkeit einer Variablen von der Zeit. Formal beinhaltet die Zeitreihenanalyse die Schätzung einer Funktion Y=f(t), wobei t einen Zeitindex bezeichnet. Bei Kenntnis der Funktion ist es möglich, die Werte der Variablen Y für zukünftige Perioden zu schätzen bzw. zu prognostizieren. Die Fragestellung lautet: *„Wie verändert sich die abhängige Variable im Zeitverlauf und somit ceteris paribus auch in der Zukunft“* (BACKHAUS et al., 1996: *S. 5*). In das Gebiet der Zeitreihenanalyse fallen insbesondere Trendanalysen und -prognosen sowie Analysen von saisonalen und konjunkturellen Schwankungen oder Wachstumsprozessen.

Einen Überblick über die Preisentwicklung beim Rohholz bietet der *„Index der Erzeugerpreise forstwirtschaftlicher Produkte.“* Die Datenreihe dieses Preisindexes[350] informiert für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche nach Güteklassen und Sortimenten[351] gegliedert über die Erzeugerpreise für Rohholz. Der Index wird besitzartengetrennt oder besitzartenübergreifend auf das Kalenderjahr oder das Forstwirtschaftsjahr bezogen sowie mit oder ohne Mehrwertsteuer berechnet. Für einen längeren Betrachtungszeitraum ist der Preisindex, der auf unterschiedlichen Basisjahren[352] beruht, auf ein gemeinsames Basisjahr umzurechnen. Bei der Bewertung der Erzeugerpreisentwicklung ist zu berücksichtigen, dass der Index nur die nominale Rohholzpreisentwicklung widerspiegelt. Zusätzlich zur nominalen Preisentwicklung ist auch die reale Preisentwicklung zu betrachten, die die Geldentwertung in Form der Inflation beachtet.

Der verwendete Index informiert allerdings nicht über die Preisunterschiede nach Stärkeklassen. Die stärkeklassenbedingten Preisrelationen innerhalb des Sortimentes *„Stammholz“* werden nicht weiter dargestellt (Messzahlpunkte). MOOG (1993: *S. 71*) weist bereits darauf hin, dass bei ökonomischer Bewertung zukünftiger Abtriebswerte *„keineswegs die heutigen Preis-*

[348] Zum Einfluss der Holzpreisfluktuation auf Einschlagsentscheidungen vgl. KNOKE u. PETER (2002).

[349] In der zitierten Untersuchung werden die Preisverhältnisse aus dem Jahr 1984 und 1985 verwendet. 1985 brach der Rohholzpreis windwurfbedingt stark ein und die preislichen Verhältnisse zwischen den einzelnen Stärkeklassen wurden nivelliert.

[350] Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (diverse Jahrgänge) für Staatsforsten; BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (diverse Jahrgänge). Die für die Zeitreihenanalyse verwendeten Daten wurden direkt vom STATISTISCHEN BUNDESAMT, Herr Wex, bereitgestellt.

[351] Stammholz, Industrieholz, Buchenschwellen.

[352] Basisjahre sind: 1995, 1985, 1980, 1975, 1970 und 1962.

relationen" zugrunde gelegt werden können. Die Annahme, *„dass der Anstieg der Stammholzpreise mit dem Durchmesser sich gegenüber den heutigen Relationen eher abflacht"* ist gleichfalls ein denkbares Szenario.[353] Die in der Vergangenheit aus dem Messzahlsystem resultierenden höheren Preise für starkes Fichtenholz (ab Stärkeklasse 4) lassen sich am Markt nicht mehr durchsetzen (BECK u. WESTPHAL, 1996). Verschiebungen bei den Wertrelationen für Stammholz unterschiedlicher Stärkeklassen ergeben sich hauptsächlich *„aufgrund technischer Veränderungen"* in der Holzwirtschaft (KROTH u. BARTELHEIMER, 1993: *S. 170*).

Seit der letzten Aufwärtsbewegung von 1976 bis 1981 befinden sich Forstbetriebe in einer ständigen Phase des Ertragsrückgangs. Stagnierende Rohholzpreise bei gleichzeitiger Geldentwertung reduzieren die Gewinnaussichten. Die Erholungstendenzen im Jahr 1989 wurden durch die nachfolgenden Sturmereignisse zunichte gemacht (BRANDL, 1992). Auf tiefem Niveau stagnierende Erträge ohne kurz- bis mittelfristige Perspektiven auf der Ertragsseite und auch zukünftig stetig wachsende Aufwendungen lassen wenig Aussicht auf Besserung erwarten.

BEHRNDT (1989: *S. 81*) zeigt in seiner Untersuchung über die *„Einflüsse des Holzmarktes auf die Ertragslage der Forstwirtschaft der Bundesrepublik"* für den Zeitraum von 1957 bis 1984 einen Anstieg der Rohholzpreise *„um jährlich 3,9 %"*.[354] Der Stammholzpreis steigt in diesem Zeitraum um 4 %. Der Preisanstieg beim Industrieholz beträgt 3 %. Für eine Zeitreihenbetrachtung der inflationsbereinigten Preisentwicklung stellt BEHRNDT (1989: *S. 94*) allerdings fest, *„der für die letzten zwei Jahrzehnte festzustellende Preisanstieg der Nominalwerte bewirkt faktisch eine Konstanz der Preise."* Bei einem im gleichen Zeitraum festzustellenden Anstieg der Erntekosten bzw. einer relativen Konstanz der Erntekosten[355] bei gleichzeitig sinkenden realen Rohholzpreisen öffnet sich die Kosten-Erlös-Schere (BERGEN et al., 1988: *S. 25*). Speziell bei Schwachholzsortimenten[356] ist eine *„Marktschwäche"*[357] festzustellen, die einer langfristigen Absatzkrise gleicht (BARTELHEIMER et al., 1993). Begrenzte Kostensenkungspotenziale bei der Holzerntetechnik und gleichzeitig steigende Lohnkosten lassen die Kosten-Erlös-Relation zusehends ungünstiger werden (ABETZ, 1993: *S. 11*; THOROE, 1993: *S. 7*). BRABÄNDER (1983: *S. 39*) bemerkt dazu, dass trotz einiger Fortschritte in der Kostenratio-

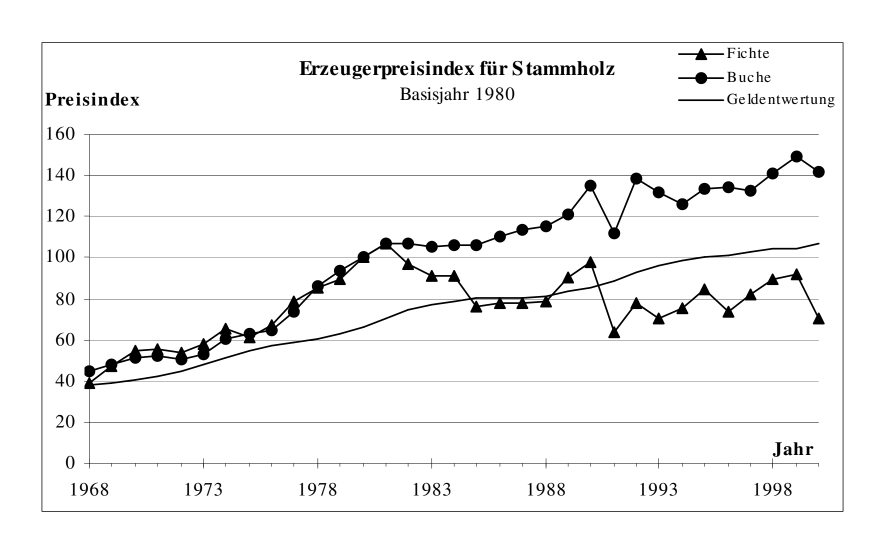
[353] MOOG (1993) verweist hierbei ausdrücklich auf das Starkholzproblem. Inzwischen ist jenes Szenario bereits zur Realität geworden, indem die Erholung der Starkholzpreise seit 1999 ausgeblieben ist.
[354] Vgl. KROTH u. BARTELHEIMER (1993: *S. 169).*
[355] Produktivitätsverbesserung.
[356] Industrieholz, weniger bei PZ-Holz.
[357] Das Überangebot an Schwachholz trifft auf geringe Nachfrage bzw. kann nur zu geringen Preisen abgesetzt werden. Für Industrieholz trifft diese Aussage auch gegenwärtig noch zu. Im schwächer dimensionierten Bereich ist aber gerade in den letzten Jahren durch die Entwicklung im Bereich des PZ-Holzes eine günstige Entwicklung festzustellen.

nalisierung es bisher nicht gelungen ist, die Ertragslage zu verbessern, da *„die Entwicklung der Holzerlöse nicht einmal die Geldentwertung (...) kompensiert hat."*

5.4.1 Entwicklung der Stammholz- und Industrieholzpreise für Fichte und Buche

Für die nachfolgende Analyse der Preisentwicklung am Rohholzmarkt im Vergleich zur Geldentwertung wird der Zeitraum von 1968 bis 2000 betrachtet. Beispielsweise hat der Preisindex für die Lebenshaltung aller privaten Haushalte[358] von 1968 bis 2000 um 68,5 Indexpunkte bzw. 178,4 % zugelegt.[359] Bei einer identischen Zunahme des Erzeugerpreisindexes forstwirtschaftlicher Produkte[360] müsste der Index für Fichtenstammholz bei 129 Punkten stehen. Tatsächlich ist der Index aufgrund der Sturmereignisse auf einen Stand von 83 Punkte eingebrochen. Im Mittel der Jahre schwankt der Index nur um seinen Stand aus dem Jahr 1985. Die Entwicklung beim Buchenstammholz in diesem Zeitraum ist günstiger.

***Abb. 57**: Entwicklung des Erzeugerpreisindexes (BASISJAHR 1980) für Fichten- und Buchenstammholz im Vergleich zum Verbraucherpreisindex (STATISTISCHES BUNDESAMT).*



Aus der Abbildung 57 ist ersichtlich, dass der Index für Buchenstammholz unter Schwankungen dem Trend der Lebenshaltungskosten folgt und einen insgesamt recht ähnlichen Anstieg über die Jahre verzeichnet. Für den Industrieholzsektor ist ein derartiger Unterschied zwischen Fichte und Buche nicht festzustellen (Abb. 58). Nach einer längeren Abschwungphase mit dem Tiefpunkt 1994 ist eine Stabilisierung der Erzeugerpreise mit leicht ansteigender Tendenz erkennbar.

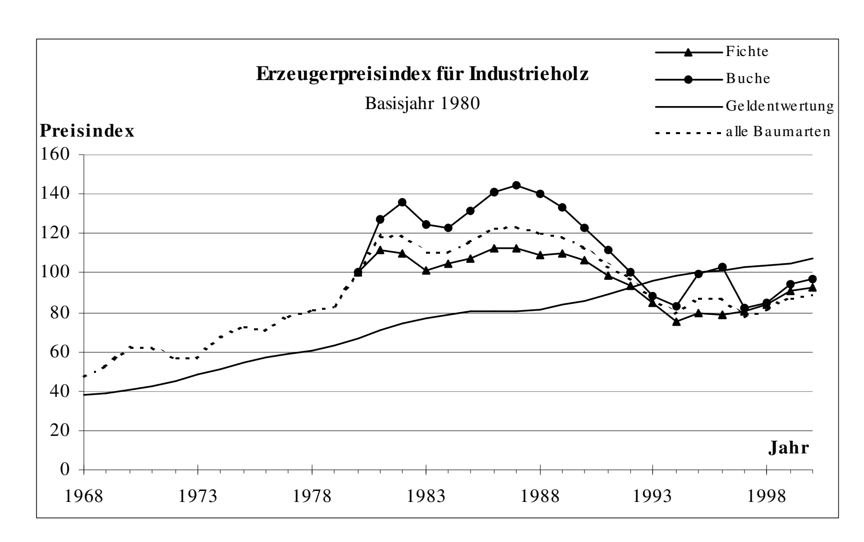
---

[358] Wird in dieser Analyse als Inflationsmaß verwendet.

[359] Indexstand 1968=38,4. Indexstand 2000=106,9. Die Steigerung des Indexwertes von 38,4 auf 106,9 bedeutet eine Zunahme um 68,5 Indexpunkte. Bezogen auf den Indexstand von 1968 hat der Preisindex dementsprechend um 178,4 % zugenommen.

[360] Für die Zeitreihenanalyse wird der Index verwendet, der nicht nach Besitzarten trennt.

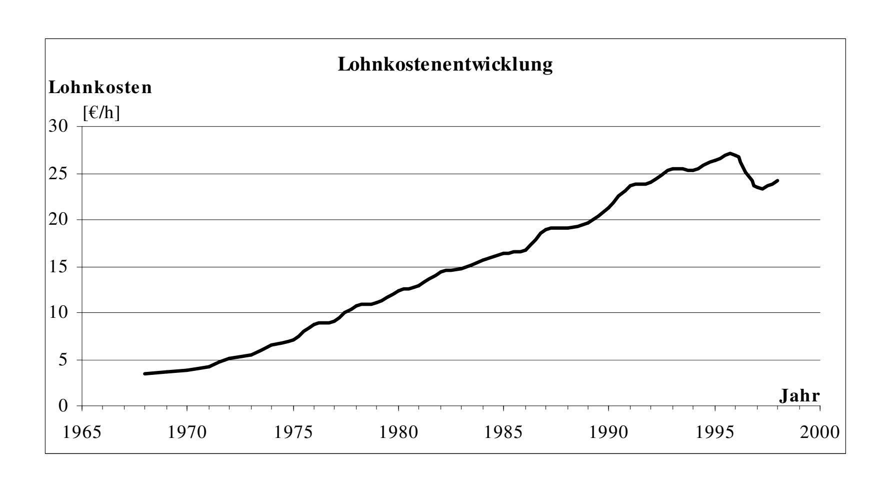
Abb. 58: Entwicklung des Erzeugerpreisindexes(BASISJAHR 1980) für Fichten- und Buchenindustrieholz im Vergleich zum Verbraucherpreisindex.



5.4.2 Lohnkostenentwicklung

Für eine vollständige Dynamisierung der Kosten- und Erlöswerte sind entsprechend der forstbetrieblichen Kosten repräsentierende Datenreihen auszuwählen. BERGEN et al. (1988: *S. 23*) schlagen als Datenreihe die *„durchschnittlichen Erntekosten pro Festmeter“* vor. STEINMEYER (1992: *S. 128*) setzt als Kennzahl für die variablen Kosten der Forstbetriebe hingegen die durchschnittlichen Lohnkosten[361] je Stunde an. Die Abbildung 59 zeigt die Entwicklung dieser Kennzahl bis 1998. Obwohl gerade in den letzten Jahren eine gewisse Abschwächung beim Anstieg der Lohnkosten festzustellen ist, zeigt der lineare Trend für den Beobachtungszeitraum eine klare Tendenz.

Abb. 59: Entwicklung des durchschnittlichen Arbeitsverdienstes in €/Std. im Staatswald.



[361] Inklusive Lohnnebenkosten.

5.5 Simulationsstudien

Als Basis für eine Gegenüberstellung verschiedener waldbaulicher Entwicklungsvarianten wird nachfolgend zunächst die betriebliche Referenzvariante vorgestellt sowie die Simulationsergebnisse dieser Referenzvariante mitgeteilt. Daran schließt sich die Simulation weiterer Varianten an,[362] deren Bewertung anschließend anhand der Ergebnisse der Referenzvariante erfolgt.

5.5.1 Betriebliche Referenzvariante

Die gegenwärtig im Untersuchungsbetrieb gültigen Produktionsmodelle[363] definieren die aus heutiger Sicht optimale[364] Bewirtschaftungsvariante und dienen für alle nachfolgenden Simulationen als Bezugsbasis. In einem ersten Schritt sind die verbal-nummerisch vorliegenden Produktionsmodelle für die Hauptbaumarten *„Fichte“* und *„Buche“* möglichst zielgenau mit dem Wachstumsmodell nachzubilden. Ausgehend von den ausgewiesenen Subclustern wird die gesamtbetriebliche Referenzkalkulation auf der Basis der 27 typentypischen Fichten- und 14 Buchenbestände erstellt.[365]

Bei der Simulation der Referenzvariante wird bewusst auf eine leitkurvengesteuerte Simulation über die gesamte Fortschreibungsperiode verzichtet. Alternativ wird eine interaktive Steuerung der Wachstumssimulation gewählt, um sich möglichst nah an den betrieblichen Behandlungsvorgaben zu orientieren. Für eine interaktive Simulation kann die Gesamtfortschreibungsdauer in einzelne Teilschritte[366] unterteilt werden.[367] Die Simulation zu unterbrechen, um diese anschließend fortzusetzen, ist vor allem deshalb sinnvoll, weil sofort die Auswirkungen des gewählten Durchforstungsprogramms auf die wichtigsten Bestandeskennzahlen überprüft und gegebenenfalls die Einstellungen angepasst[368] und die Simulation wiederholt werden kann.

---

[362] vgl. Abschnitt 5.5.2, S. 222.
[363] Synonym auch Produktionsprogramme, vgl. S. 96.
[364] Es handelt sich hierbei um subjektive, empirisch festgelegte und nicht um analytisch durch Verfahren des Operations Research abgeleitete Optima.
[365] Vgl. Tabelle 11, S. 135 und Tabelle 13, S. 138.
[366] Mindestens eine Fortschreibungs- und Wachstumsperiode.
[367] Vgl. BIBER et al. (2000: *S. 121*).
[368] Für diese periodenbezogene Feinsteuerung ist eine separate Schnittstelle geschaffen worden (vgl. Abbildung 13, S. 115) Durch diese Möglichkeit zur Manipulation von Einzeldatensätzen kann beispielsweise auch die Ausscheidungskennung, die den Entnahmezeitpunkt eines einzelnen Baumes bestimmt, manuell gesetzt werden. Dieses Vorgehen erlaubt es auch die stochastischen Prozesse im Bereich der Durchforstungsmodellierung zu umgehen.

5.5.1.1 Modellannahmen für die fichtendominierten Typen

5.5.1.1.1 Pflegemodell – Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung

Das betriebliche Produktionsmodell nutzt die Erkenntnisse aus den Arbeiten von ABETZ (1975), STRÜTT (1991), KLÄDTKE (1993) und SALLINGER (1993a, b). Ziel der Pflege bis zu einer Oberhöhe von 10 m ist es, die Vitalität der Einzelbäume zu erhöhen und zukünftigen Schwachholzanfall und Pflegeaufwand zu minimieren. Dieses ist möglich, wenn die Stammzahl auf nicht mehr als 1.200 Stämme je Hektar reduziert wird. In der Altersphase ab 12 m Oberhöhe ist ein stabiles und leistungsstarkes Gerüst von vitalen Einzelbäumen und Gruppen herauszupflegen. Der waldbaulich notwendige Zeitpunkt für Durchforstungen ergibt sich u. a. aus der durchschnittlichen Kronenlänge der herrschenden Bäume[369] und einem stabilitätsgerechten h/d-Wert von 70–80. SALLINGER (1993b) definiert den Zeitpunkt des ersten Durchforstungseingriffs im verwertbaren Bereich mit einem BHD des ausscheidenden Bestandes von etwa 20 cm bei einer Oberhöhe von 16 m. Diese Vorgabe findet sich so auch im Produktionsmodell des Betriebes wieder.

***Tab. 22**: Betriebliches Produktionsmodell für fichtendominierte Bestände.*

Produktionsmodell F i c h t e						
Alter [Jahre]	**Oberhöhe** [h_{200}]	**$d_{1,3}$** [cm]	**Z-Baum** [h/d]	**Anzahl** [St.]	**Maßnahme**	**Erläuterung**
5	1,5	0	0	1.600		
20	10–12	14	80	1.150	Z-Baumauswahl, Auslese-durchforstung	200–250 Fi/ha je nach Bonität und Zieldurchmesser auswählen. Entnahme von 1–2 Bedrängern/Z-Baum, evtl. Astung der Z-Bäume auf 4 m
30	15–18	21	80	900	Auslese-/Nieder-durchforstung	Entnahme aller verbleibenden starken Z-Baumkonkurrenten (evtl. Astung der Z-Bäume auf bis zu 8 m)
40	20–24	29	75	600	Auslese-/Nieder-durchforstung	bei geringer Bonität oder hohem Sturmwurfrisiko Absenkung bis knapp über Endstammzahl
55	25–27	37	72	350–400	Niederdurchforstung	Entnahme von Zielstärken, leichte Nieder-durchforstung
80–100	36–38	60	65	300–350	Hiebsruhe	Hiebsruhe bis zum Erreichen des Zieldurchmessers. Dann Zielstärkennutzung zur Einleitung der Naturverjüngung, evtl. Laubholzvoranbau

Die Auslesedurchforstungen sollen die Bestände bis zur halben Umtriebszeit formen. Die Z-Bäume werden ausschließlich aus der KRAFT'schen Klasse 1 ausgewählt. Nach vollzogener Auslesedurchforstung soll der Bestand gut strukturiert sein und eine breite, möglichst zweigipflige Durchmesserverteilung aufweisen.

[369] Als Vorgaben aus der Waldbaustrategie des Untersuchungsbetriebes sollte ein Kronenprozent von 50 nicht unterschritten werden.

In der zweiten Hälfte der Umtriebszeit folgt eine Phase der relativen Hiebsruhe mit allenfalls niederdurchforstungsartiger Vorratspflege. Nach den starken Eingriffen in der Phase der Auslesedurchforstung soll die Vorratspflege durch dosierte und vorsichtige Eingriffe den Wertzuwachs der Hauptzuwachsträger bis zum Erreichen der ersten Zieldurchmesser konsequent sichern. Mit zunehmendem Alter erfolgt ein gleitender Übergang zu ersten Zielstärkennutzungen. Sobald die ersten Fichten die Zielstärke erreicht haben, soll mit der Zielstärkennutzung konsequent begonnen werden. Gleichzeitig wird damit die Verjüngungs- bzw. gegebenenfalls eine Umbauphase eingeleitet. Die einzelstammweise Nutzung hiebsreifen Holzes erfolgt unter Berücksichtigung der Bestandesstabilität, des optimalen Wertzuwachses sowie des kostensparenden Pflegeeffektes des Halbschattens für die Verjüngung.

5.5.1.1.2 Nutzungsmodell – zieldurchmesserorientierte Endnutzung

Nach BECK u. WESTPHAL (1996) ist die Zielstärkennutzung bei der Buche in Theorie und Praxis unumstritten und in jüngerer Zeit wird in die Diskussion um die Zielstärkennutzung auch die Fichte mit einbezogen; eine praktische Umsetzung ist erst in der Entwicklung begriffen (RICHTER, 1995). Mit der Abkehr von einer schlagweisen Nutzung ist auch im Untersuchungsbetrieb die Hinwendung zur einzelstammweisen Nutzung nach Zielstärke erfolgt. Bei der Festlegung eines Zieldurchmessers orientiert sich die Betriebsleitung gegenwärtig an einem BHD von 60 cm. Das Produktionsmodell schafft durch die frühzeitige Stabilisierung in der Durchforstungsphase die Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der Zielstärkennutzung in der Zukunft. Für die Bestände, die gegenwärtig der Wuchsklasse *„Stangenholz“* zuzuordnen sind, wird das Produktionsmodell ohne weiteres anwendbar sein.

Die Umstellung auf eine Zielstärkennutzung muss bei gleichaltrigen und stammzahlreichen Fichtenbeständen der höheren Altersklassen allerdings vorsichtig erfolgen (RICHTER u. ENGINEER, 1992; MOSANDL, 1993; DONG, 1995; RIEDER, 1997). Auf Risikostandorten und bei ungepflegten Beständen gilt diese Vorsicht um so mehr. SPELLMANN (1996: *S. 8*) schlägt für die Einführung der Zielstärkennutzung *„ein vorsichtiges, differenziertes Vorgehen in Abhängigkeit von den betrieblichen Verhältnissen, von Alter, Höhe, Struktur, Vitalität und Größe der Bestände sowie von den Standortsfaktoren Exposition und Gründigkeit“* vor.

Der gegenwärtig als Richtgröße für die Zieldurchmesserernte angenommene BHD im Beispielbetrieb liegt mit 60 cm für die Fichte am oberen Rand des Korridors von Angaben, die sich zur Zielstärkennutzung in der Literatur finden lassen. RICHTER (1995: *S. 415*) teilt für die *„Suche nach der Untergrenze für einen Einstieg in die Einzelstammnutzung“* einen Zieldurchmesser von nur 30 cm mit. BECK u. WESTPHAL (1996) verwenden zur Simulation von unterschiedlichen Nutzungsvarianten einen Zieldurchmesser von 45 cm. SPELLMANN (1997) nutzt ebenfalls diesen BHD für die Simulation einer Zielstärkennutzung. Die Hessische Lan-

desforstverwaltung nennt unter Berücksichtigung von Standort, Wuchsdynamik, Gesundheit, Erziehungsverlauf und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine Zielstärke von 50 cm für die Fichte (HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1999). Für den Waldentwicklungstyp *„Fichten-Mischwald“* empfiehlt die Landesforstverwaltung Baden-Württemberg als Produktionsziel Fichtenstarkholz mit einem BHD von mindestens 60 cm (MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 1999). BITTER (2001) deckt somit durch die Simulation unterschiedlicher Zieldurchmesser von 35 cm, 45 cm und 55 cm den möglichen Zielkorridor recht gut ab. Auch HANEWINKEL (1998) nutzt für die Modellierung einer einzelstammweisen Nutzung gestaffelte Zieldurchmesser von 45 cm, 50 cm sowie 52 cm.

Für die Subcluster, die bei der Typenkriterienansprache der Wuchsklasse Baum- bzw. Altholz zugeordnet werden, ist also zunächst einzuschätzen, ob diese den von SPELLMANN (1995: *S. 43*) als schwierig beschriebenen Ausgangsbedingungen von *„weitgehend einschichtigen, homogenen Fichtenaltbeständen“* gleichkommen. Die typentypischen Bestände der relevanten Wuchsklassen zeigen eine differenzierte Bestandesstruktur und stocken nach Bodenform und Exposition auf überwiegend risikoärmeren Standorten.[370] Die vorherrschenden Bäume zeigen durchgängig ein günstiges h/d-Verhältnis und verfügen über lange und vitale Kronen.[371]

Die simulierten Eingriffe in Form einer Zielstärkennutzung sollen alle 5 Jahre bei einer Hiebsmasse von 30 Efm/ha bis 60 Efm/ha erfolgen.[372] Damit liegen die Steuerwerte unter den von RICHTER (1994) mitgeteilten Werten von 50 Efm/ha bis 80 Efm /ha, die im Rahmen einer Untersuchung über die Windwurfgefährdung beim Übergang zur Zielstärkennutzung in gleichaltrigen Fichtenaltbeständen bei der Einzelstammnutzung entnommen wurden. Die hier verwendeten Werte entsprechen jedoch den von SPELLMANN (1996) mitgeteilten Eingriffsstärken unter 60 Efm/ha bei Nutzungsintervallen von 5 Jahren. Hinsichtlich der Dauer der Zielstärkennutzung und der waldbaulichen Behandlung in der Übergangsphase zwischen Nutzung nach Zieldurchmesser und Realisierung der erwünschten Verjüngungsziele liegen bisher nur unpräzise Informationen im Untersuchungsbetrieb vor.

Nach FÜRST u. JOHANN (1994: *S. 5*) gibt es *„prinzipiell unendlich viele Möglichkeiten, den Vorrat abzusenken oder den Verjüngungszeitraum auszudehnen oder zu verkürzen.“* MO-

[370] Unvernässte und nicht versauerte lockere und durchlässige Böden der End- und Grundmoräne.
[371] Die Zielstärkennutzung führt zu einer ungleichmäßigen Auflockerung des Kronendaches, was insgesamt dennoch zu einer Bestandesgefährdung beitragen kann. Der modellmäßige Ausschluss von Störfaktoren (Destabilisierung und Windwurf) ist bei der Ergebnisbeurteilung zu beachten.
[372] Die tatsächlichen Nutzungsmengen, die in den Tabellen 25 und 26 mitgeteilt werden, liegen zwischen 25 und 76 Vfm/ha.

SANDL (1991: *S. 202*) zeigt allerdings, dass nach der Ansamung für eine optimale Höhenentwicklung der Verjüngung eine kräftige Durchbrechung des Kronendaches geboten ist.[373]

v. d. GOLTZ (1991: *S. 679*) strebt für die Durchforstungen beim Erreichen der Zielstärke im Rahmen der Strukturdurchforstung eine weitgehende *„Vorratskonstanz von (350 bis 400 Fm/ha) durch Ausgleichung von Zuwachs und Nutzung“* an. *„Die Auflichtung der Bestände erfolgt keinesfalls zur Erzielung oder Sicherung zufällig angekommener Naturverjüngung. Der Zeitpunkt der Nutzung wird bestimmt von der nachlassenden Wertproduktion des Altbestandes.“*

Die Untersuchungen von WAGNER u. MÜLLER-USING (1997: *S. 28*) zu Buchen-Voranbauversuchen im Harz zeigen beispielsweise, dass die Fichtennaturverjüngung bei *„Grundflächenwerten von über 28 m²“* zu Gunsten des Buchenvoranbaus gedämpft wird. WEISE (1995) sieht für unterschiedlich lange Verjüngungszeiträume bereits zu Beginn einen Eingriff vor, der den Vorrat auf 75 % eines geschlossenen Bestandes stellt. Bei einem sehr zügigen Verjüngungsfortschritt von 20 Jahren wird nach 5 Jahren ein Vorratsabbau auf 60 % der Vollbestockung angenommen. Zur Verjüngungsplanung und dem Verjüngungszeitpunkt unter dem Aspekt von Wertzuwachsuntersuchungen wird auf den Beitrag von SPELLMANN u. WAGNER (1993) verwiesen.

Da für einzelne typentypische Bestände die Ergebnisse der Verjüngungsinventur bereits einen deutlichen Verjüngungsfortschritt ausweisen, ist die Verjüngungsproblematik in Beziehung zur Nutzung im Oberstand bei der Simulation hinreichend zu beachten. Ohne der Ergebnisdarstellung vorzugreifen, zeigt sich allerdings, dass bei einem Zieldurchmesser von 60 cm und den vorgesehenen Entnahmemengen, nicht alle Verjüngungsziele erreicht werden können.[374]

Zwei Aspekte sind bei der Würdigung des betrieblichen Produktionsmodells für die Zieldurchmesserernte bei der Fichte anzumerken: Zum einen der Zieldurchmesser, der bei aktueller Wertrelation der Rohholzpreise nach Stärkeklassen recht hoch erscheint, zum anderen die ertragskundlich ungelöste Problematik, wie die nach der Zielstärkennutzung verbleibenden Bäume auf den frei werdenden Wuchsraum reagieren (STERBA, 1978, 1999; REININGER, 1979, 1989; STERBA u. BERNAUER, 1981; v. d. GOLTZ, 1991; BÖRNER u. ROEDER, 1994; RICHTER, 1994). Nach BECK u. WESTPHAL (1996: *S. 215*) ist neben Stabilitätsüberlegungen die geringe *„Reagibilität der Fichten“* Grund, keine *„übertriebenen Erwartungen mit dem Ziel-*

[373] Ist eine Bestandesdestabilisierung nicht zu befürchten, ist ein sehr starker Schirmhieb oder ein Femelhieb Mittel der Wahl.
[374] Vgl. Abbildung 95, S. 224.

stärkennutzungskonzept bei der Fichte“ zu verbinden. SPELLMANN (1997) zeigt, dass für die *„relativ früh im Zuwachs kulminierende Fichte (...) offensichtlich der Lichtungszuwachs der jeweils verbleibenden Fichten nicht“* ausreicht, *„um die frühzeitige Entnahme*[375] *der besten Zuwachsträger auszugleichen.“*

5.5.1.2 Modellannahmen für die buchendominierten Typen

5.5.1.2.1 Pflegemodell – Lichtwuchsbetrieb

Die Buchenbestände zeigen sich durchweg verjüngungsfreudig. Über vorhandener Verjüngung wurde in der Vergangenheit flächig am Saum geräumt, ohne dass eine überlange Schirmhaltung erfolgte. Die Qualität der Buche ist durch die Neigung zur Verkernung gefährdet. Die aufgrund der bisherigen Durchforstungsverfahren erreichten Durchmesser sind vergleichsweise schwach.

***Tab. 23**: Betriebliches Produktionsmodell für buchendominierte Bestände.*

Produktionsmodell Buche						
Alter [Jahre]	**Oberhöhe** [h_{200}]	**$d_{1,3}$** [cm]	**G** [m²]	**Anzahl** [St.]	**Maßnahme**	**Erläuterung**
5	1,0	0	0	10.000		
35–45	15–18	15	28	1.200	Stammzahlverminderung	ab 10–12 m astfreier Schaft
55	20–22	17	23	110 Z-Bäume	Z-Baumauswahl/Lichtwuchs-durchforstung	Entnahme von mindestens 2,5 Bäumen je Z-Baum, Eingriff von ca. 80 Efm/ha
65	22–24	22	20	110 Z-Bäume	Lichtwuchsdurchforstung	Entnahme von mindestens 2 Bäumen je Z-Baum, Eingriff von ca. 70 Efm/ha
75	24–26	32	20	110 Z-Bäume	Durchforstung	Begünstigung der Z-Bäume, Eingriff von ca. 45 Efm/ha
bis 100	29–31	50	26	110 Z-Bäume	Durchforstung	Begünstigung der Z-Bäume, je Eingriff ca. 30 Efm/ha
ab 110	30–32	55	30	110 Z-Bäume	Beginn der Endnutzung	beginnende Zielstärkennutzung und Naturverjüngung, das mittlere Erntealter des Bestandes sollte nicht über 125 Jahren liegen

Wie die Tabelle 23 zeigt, orientiert sich das gegenwärtige Buchenproduktionsmodell an den Arbeiten von ALTHERR (1981).[376] Entscheidende Steuergröße für das Pflegemodell ist die oberhöhenabhängige Grundfläche. Nach ALTHERR (1981: *S. 553*) ist das Lichtwuchsmodell *„bewusst nicht in Form einer auf die Oberhöhe abgestimmten Baumzahlhaltung konzipiert*

---

[375] Zielstärke ist 45 cm.

[376] Das Modell wird von BURSCHEL u. HUSS (1987: *S. 283f.*) als *„Lichtwuchsbetrieb mit früher Festlegung der Haubarkeitsstämme“* bzw. als *„Lichtungsmodell“* bezeichnet.

worden, weil Baumzahlvorgaben bei der sehr starken soziologischen Differenzierung der Schattbaumart Buche einen zu großen subjektiven Spielraum gelassen hätte.“[377]

Eine ausführliche Darstellung dieses Modells der Buchen-Lichtwuchsdurchforstung ist bei KLÄDTKE (1997a, b, 2001a) zu finden. Die Voraussetzungen für die Lichtwuchsdurchforstung sind demnach:

- Ein durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGz_{100}) von mindestens 6 Vfm/Jahr.
- Eine mindestens 10 m grünastfreie Schaftlänge der als Z-Bäume geeigneten Buchen.
- Ein Durchforstungsbeginn bei ca. 20 m Oberhöhe.
- Ein maximales Alter der Bestände von 80 Jahre.

Hinsichtlich des Beginns der Lichtwuchsdurchforstung kommt PALMER (1979: *S. 182*) allerdings zu der Erkenntnis, dass man bis zu 110-jährige Baumhölzer, die Kreisflächen von weit über 30 m² aufweisen, *„noch an Kreisflächen heranführen kann, die einer lichtwuchsartigen Behandlung entsprechen.“*

Für die Wachstumssimulation ist dieses Modell allerdings inhaltlich zu erweitern. Zum einen unterscheiden sich die durch die Clusteranalyse gewonnenen typentypischen Bestände hinsichtlich der Verjüngungssituation, zum anderen ist das Nutzungskonzept nach Zielstärke innerhalb des betriebseigenen Produktionsmodells zu konkretisieren.

Das betriebseigene Modell orientiert sich bonitätsmäßig an einem dGz_{100} von 8 Vfm/ha.[378] Die Durchforstung beginnt bei der Buche bei einer grünastfreien Schaftlänge von etwa 10 m. Nach einer vorsichtigen Begünstigung gut veranlagter Bäume und ausreichender Astreinigung wird zur lichtwuchsartigen Durchforstung mit starken Eingriffen nach dem Prinzip der Auslesedurchforstung[379] zur Förderung der Z-Bäume übergegangen. Die Durchforstungseingriffe sollen so geführt werden, dass die Z-Bäume konsequent und frühzeitig sehr stark freigestellt werden.[380] In dieser Phase wird die Bestandesdichte weit unter die kritische Grundfläche mit mehr als 10 %igen Einbußen beim laufenden Zuwachs abgesenkt. Die Absenkung der Grundfläche im Alter zwischen 60 und 80 auf 20 m² (Abb. 60) ist um 2 bis 3 m² stärker als die Ziel-

[377] Zu alternativen Pflegevarianten s. a. PALMER (1979), v. LÜPKE (1986).

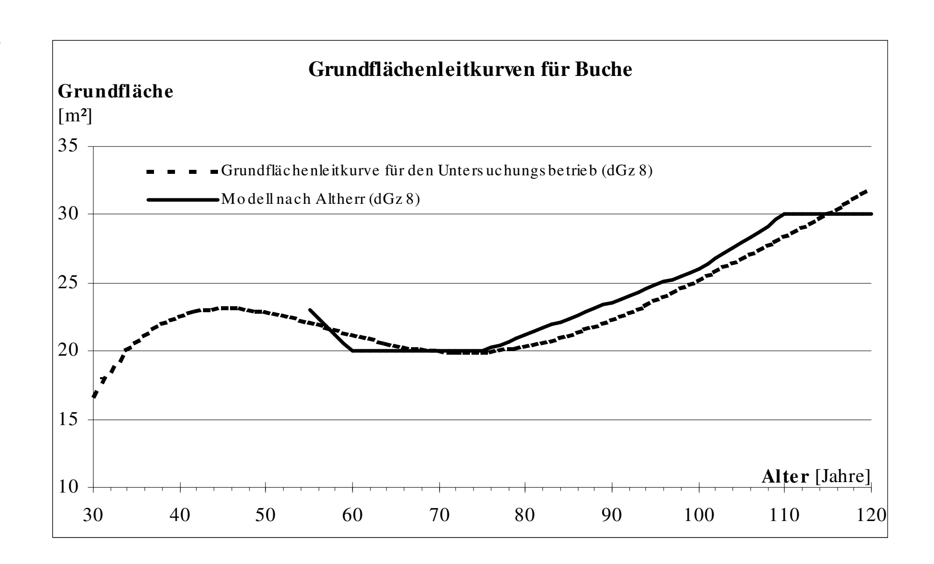
[378] Relative Ertragsklasse I,5 GERHARDT bei mäßiger Durchforstung (1921). In: BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1990); I,0 SCHOBER (1995) bei mäßiger Durchforstung. In: SCHOBER (1995); 0,9 ALTHERR/FREIST. In: MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM , ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1993).

[379] Zur Abgrenzung des Begriffs s. a. JOHANN (1983: *S. 228–230*).

[380] Vgl. ALTHERR u. UNFRIED (1984).

grundfläche bei der starken Durchforstung (I. Ekl.) nach SCHOBER (1972) und dem Lichtwuchsbetrieb (I. Ekl.) von FREIST (1962) (Abb. 61).[381]

***Abb. 60**: Grundflächenhaltung nach dem Buchen-Produktionsmodell von ALTHERR (1981) sowie dessen Umsetzung in ein betriebsspezifisches Modell.*



Im Ausreifungsstadium nehmen Dichte und Zuwachs wieder zu. Die Grundfläche erreicht im Alter von 120 Jahren ähnliche Werte wie bei der mäßigen Durchforstung nach SCHOBER (1995), allerdings bei einer deutlich geringeren Stammzahl. Der Übergang von intensiver lichtwuchsartiger Vorratspflege mit 1 bis 2 Eingriffen im Jahrzehnt in eine Phase der Hochdurchforstung mit mäßiger Eingriffsstärke einmal im Jahrzehnt ist fließend im Bereich zwischen 70 bis 90 Jahren und bewirkt eine unterschiedlich starke Vorratsanhebung. In der Altersspanne von 75 Jahre (Oberhöhe: 23 m bis 26 m) bis etwa 100 Jahre (Oberhöhe: 29 m bis 31 m) soll die Zielgrundfläche von 20 m² auf 26 m² ansteigen, um im folgenden Jahrzehnt auf die Zielgrundfläche von 30 m² zuzunehmen.[382] Diese, im Vergleich zu den anderen Grundflächenhaltungen wesentlich höhere Zielgrundfläche, lässt sich nach RIPKEN (1984) nur unter Verzicht von Vornutzungen erreichen.

---

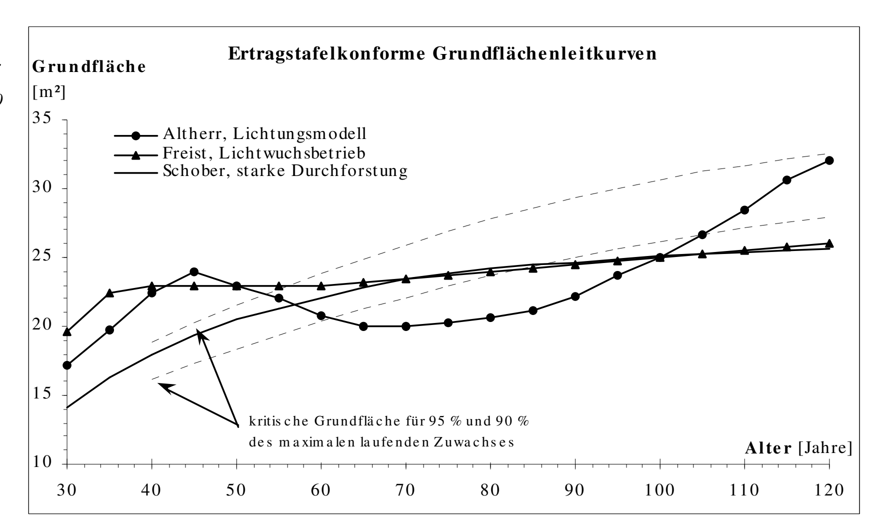
[381] *„Der Unterschied zwischen der starken Durchforstung nach SCHOBER und dem Lichtwuchsbetrieb nach FREIST liegt also nicht in der Grundflächenhaltung oder der Volumenleistung, sondern nur in der unterschiedlichen Durchmesserförderung des Endbestandes. Durch starke intensive Hochdurchforstung soll im Lichtwuchsbetrieb im Alter 120 Ekl. I auf 51 cm und im Alter 135 auf 60 cm zu erhöhen sein, während SCHOBER bei starker Durchforstung nur Werte von 45 bzw. 52 cm ermittelte"* (RIPKEN, 1984: *S. 60*).

[382] Zur erwarteten Zielgrundfläche, dem angestrebten Zieldurchmesser und der maximalen Anzahl an Z-Bäumen vgl. ABETZ u. OHNEMUS (1999).

Die Abbildung 61 zeigt, dass das betriebseigene Modell in diesem Bereich geringfügig über der nach ALTHERR (1981) anzustrebenden Grundfläche für die vergleichbare Bonität (I. Ekl. bzw. dGz_{100} 8) liegt.

Abb. 61: *Vergleich der Grundflächenhaltungen für identische Bonitäten (dGz_{100} 8) nach FREIST (1962), ALTHERR (1981) und SCHOBER (1995).*[383]

gestrichelt: Kritische Grundflächenhaltung für 95 % und 90 % des maximalen laufenden Zuwachses (ASSMANN, 1965).[384]



Auch bei bereits älteren, bisher nicht nach den Grundsätzen der Auslesedurchforstung gepflegten Beständen,[385] können im fortgeschrittenen Bestandesalter bei der Buche gute Zuwachsleistungen erwartet werden. Die Buche ist hier in der Regel immer noch in der Lage, den Bestandesschluss wieder herzustellen.

Darüber hinaus ist das Produktionsmodell jeweils für die Typen mit oder ohne Verjüngung auszulegen. In den Typen mit bereits vorhandener Naturverjüngung ist eine deutlich höhere Flexibilität bei der Nutzung gegeben.[386]

Fehlt die Naturverjüngung, soll das bei der Simulation Berücksichtigung finden. Ein überlanger Verjüngungszeitraum sowie ungleichaltrige Verjüngung auf engem Raum ist dabei zu vermeiden (RIEDER, 1998). Um eine gleichförmige Buchennaturverjüngung aus einem guten Mastjahr zu erreichen, soll in der Endnutzungsphase ein stärkerer Eingriff erfolgen, als dies das Standardmodell bei einer regelmäßigen Zielstärkennutzung vorsieht. Die aus dem gleichmäßigen Schirmschlagverfahren bekannten Einzelphasen Vorbereitungshieb (Vorlichtung) und (Nach-)Lichtungshiebe werden dazu ergänzt (RÖHRIG u. GUSSONE, 1990). Für den Hieb im Mastjahr ist die durch das Standardmodell vorgegebene maximale Nutzungsmenge dahin-

[383] Die genannten Ertragstafeln beziehen sich teilweise auf eine deutlich von einander abweichende Durchmesserstruktur.

[384] Vgl. BURSCHEL u. HUSS (1987: *S. 284*). Die von ASSMANN (1965) ursprünglich für eine II. Ekl. nach WIEDEMANN (1942, mäßige Durchforstung) berechneten Grundflächenwerte wurden zur Vergleichbarkeit hier für eine I. Ekl. berechnet.

[385] Subcluster 9a–9d sowie 12a, 12b.

[386] Das Standardverfahren ist in Abschnitt 5.5.1.2.2 beschrieben.

gehend anzupassen, dass eine Entnahme von *„30–40 % des aufstockenden Volumens“*[387] sichergestellt wird.[388] Für den Hieb vor und nach dem starken Eingriff ist die Entnahmemasse so einzusteuern, dass jeweils 15 % der Masse entnommen wird. Im Allgemeinen ist der Hieb nach der starken Auflichtung eine Zielstärkennutzung.

Die erste Zielstärkennutzung erfolgt bei nicht verjüngten Beständen, die durch die Subcluster aus 9a und 9c sowie 12a repräsentiert werden, in der Regel erst während des letzten Eingriffs des Fortschreibungszeitraums. Ist bereits Verjüngung vorhanden,[389] erfolgt die erste Zielstärkennutzung bereits deutlich früher. Damit zeigt sich, dass die von RIESENEDER (1980: *S. 124*) aufgezeigte Gefahr *„die Wahrscheinlichkeit einer Erfolgsmehrung durch Zielstärkennutzung wird um so geringer und die Gefahr von Verlusten um so größer, je weiter sich die Zielstärkenhiebe von Verjüngungshieben in haubaren Beständen in Richtung auf vorzeitige Erntehiebe in Durchforstungsbeständen bewegen“* bei der hier gewählten Nutzungsfolge nicht zutrifft.

Die Diskussion um die Buchenbehandlung erhielt in jüngerer Vergangenheit durch die Ansätze von WILHELM et al. (1999) neue Impulse. Das entwickelte Behandlungskonzept basiert laut KLÄDTKE (2001a) ebenfalls auf dem Prinzip einer Z-Baum-orientierten Lichtwuchsdurchforstung. Bei der Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz handelt es sich um eine auf wenige Auslesebäume bezogene extrem starke Auslesedurchforstung. Zielstellung ist dabei, in kurzer Zeit entsprechend starke Zieldimensionen und eine astfreie Schaftlänge von 25 % der Endhöhe zu erreichen. WILHELM et al. (2001) gehen von einer Höchstzahl von 80 Auslesebäumen pro ha aus, wobei sich in der Praxis die auslesebaumorientierte Werterzeugung an den tatsächlichen Möglichkeiten orientieren muss. So ist es denkbar, dass weniger als 10 Auslesebäume pro ha gefördert werden und im Übrigen eine Massenerzeugung mit geringstem waldbaulichem Aufwand erfolgt. Im Wesentlichen liegen dem Modell zwei Annahmen zu Grunde; steigender Durchmesserzuwachs mit größerer Krone und Vermeidung des Absterbens von Ästen durch Anhalten des Kronenansatzes nach Erreichen des geforderten astfreien Schaftes. KLÄDTKE (2001b: *S. 1339*) fasst die Zielvorstellung für das Buchenkonzept wie folgt zusammen *„60 cm Zieldurchmesser mit maximal 80 Z-Bäumen in etwa 100 Jahren“*.

---

[387] Vgl. BURSCHEL u. HUSS (1987: *S. 92)*.
[388] In Tabelle 26, S. 191, sind diese Eingriffe als Nachlichtung verzeichnet.
[389] Subcluster 9b und 12b.

5.5.1.2.2 Nutzungsmodell – zieldurchmesserorientierte Endnutzung

Nach dem betriebstypischen Produktionsmodell soll ab einem Bestandesalter von 110 Jahren die Endnutzung einsetzen. Die Einzelheiten des Nutzungsmodells sind im Gegensatz zum Pflegemodell weniger präzise formuliert. Die Nutzung im Altholz erfolgt grundsätzlich wertzuwachsorientiert und einzelstammweise, dabei ist die Rotkernentwicklung zu beachten.[390] Falls keine Entwertung durch Rotkern zu erwarten ist, ist die Nutzung konsequent am *„schlechten Stamm"* zu orientieren. Für den Fall, dass eine Entwertung durch Rotkern zu erwarten ist, ist der Hieb konsequent auf den *„stärksten Stamm"* gegebenenfalls auch vor Erreichen der Zielstärke zu führen (ANONYMUS, 1997).

Der Zieldurchmesser bei der Buche liegt mit 55 cm eher im unteren Bereich der in der Literatur mitgeteilten Zieldurchmesser, die bei wissenschaftlichen Untersuchungen auch stets unter Beachtung der gewählten Modellannahmen zu beurteilen sind. HOLM (1974) nennt die in der Tabelle 24 genannten Zieldurchmesser.[391]

***Tab. 24**: Zieldurchmesser für Buche in Abhängigkeit von der Zielstellung, nach Angaben von HOLM (1974).*[392]

Entscheidungskriterium – Oberziel		**Zieldurchmesser nach Güteklasse**		
		A	***B***	***C***
Kostendeckung bei einem Zinsfuß von 5 %	Schwachholzerzeugung	40 cm	40 cm	32–40 cm
Kostendeckung bei einem Zinsfuß von 3 %	Erzeugung mittelstarken Holzes	56 cm	48–56 cm	48 cm
Reinertragsmaximierung	Starkholzerzeugung	68 cm	68 cm	60 cm

In verschiedenen Forstverwaltungen werden Zielstärken von 60 cm empfohlen. So nennt PALMER (1994) für durchschnittliche Standortsverhältnisse bei A-Qualität einen Zieldurchmesser von 60 cm, für B einen Zieldurchmesser von 56 cm und für C einen Zieldurchmesser von 40 cm.

Sobald in einem typentypischen Bestand wertvolle Einzelstämme die Zielstärke erreichen, sind diese auch konsequent zu nutzen. FRANK (1996: *S. 685*) weist darauf hin, dass es vermieden werden soll *„dass sich im Laufe der Zeit so viel zielstarkes, wertvolles Holz ansammelt, dass es bei (mäßigen Eingriffsstärken) nicht mehr zeitgerecht genutzt werden kann, ohne dass*

[390] Vgl. BECKER et al. (1989); HÖWECKE u. MAHLER (1991); VOß u. BRANDL (1991); HUPFELD et al. (1997); BÖRNER (2002).

[391] S. a. BERNAUER (1981); RIPKEN (1984); VOß u. BRANDL (1991); SPELLMANN (1997); BITTER (2001).

[392] Die für das Oberziel „Starkholzerzeugung" von HOLM (1974) genannten Zieldurchmesser werden von WILHELM et al. (2001: *S. 1226*) bestätigt: *„für einen astfreien Wertholzmantel von mindestens 20 cm Breite beträgt der (...) angestrebte Zieldurchmesser 60 cm. Die Zielstärke ist ein Mindestwert."*. WILHELM et al. (2001) sehen insbesondere auch einen zeitlich weit ausgedehnten Generationenwechsel, bei dem ab einem Alter von 115/120 mit über 80 cm starken Wertbuchen zu rechnen ist.

Verluste durch Kernbildung entstehen.“ Eine Ausnahme gilt lediglich bei der Vorlichtung zu Beginn der Verjüngung. Der zu entnehmende Vorrat sollte dabei nicht aus den Stämmen mit bereits erreichten Zieldurchmessern stammen, um zum einen die genetische Qualität des Samenfalls sicherzustellen als auch die Wertzuwachsleistung dieser Bäume ausnutzen zu können (RIEDER, 1997).

Die angestrebte Grundfläche von 30 m² ist zusammen mit einer Zielstärke von 55 cm sowie einer vorgegebenen maximalen Nutzungsmenge von 80 Vfm/ha je Eingriff die entscheidende Steuergröße für die Wachstumssimulation in dieser Phase. Für die maximal zu entnehmende Masse bei der Zielstärkennutzung nennt HANEWINKEL (1998: *S. 146ff.*) Entnahmeprozente von 20–30 % der Bäume im Zieldurchmesserbereich. Dadurch wird verhindert, dass bei einem Eingriff alle Bäume gleichzeitig entnommen werden, die den Zieldurchmesser erreicht haben.

Die Zielgrundfläche von 30 m² ist eine obere Kappungsgrenze und bleibt damit etwa 2,5 m² niedriger als die von ALTHERR (1981) vorgeschlagene Zielgröße mit 32,5 m² im Alter von 120 Jahren. Im Sinne der Nachhaltigkeit der Wertproduktion ist rechtzeitig vor dem Erreichen der Zielstärke die Naturverjüngung zu fördern.[393] Der Verjüngungszeitraum sollte 40 Jahre nicht übersteigen (RIEDER, 1998).

„Der Beginn der Zieldurchmessernutzung ist nur dann zweckmäßig, wenn ein bestimmter Mindestanteil der Vorratsmasse oder Grundfläche hiebsreif ist, d. h. den Zieldurchmesser erreicht oder überschritten hat“ (HOLM, 1974: *S. 93*). HOLM (1974) wählt als Mindestnutzungsmenge hiebsreifen Holzes näherungsweise 10 % der Bestandesgrundfläche. Bei einem Zieldurchmesser von 55 cm und einer maximalen Grundfläche von 30 m² errechnet sich bei einer Höhe von etwa 32 m eine Mindestmasse von 50 Vfm/ha pro Eingriff bzw. rund 13 zu entnehmende Bäume. Arbeits- und verkaufstechnische Gründe sprechen laut PALMER (1994) dafür, dass bei einem Eingriff nicht weniger als 30 Efm/ha starken Holzes anfallen sollten.

In dieser Nutzungsphase ist die Durchführung der Zielstärkennutzung wichtiges Element zur Steuerung der Lichtverhältnisse für das Auflaufen und Heranwachsen der Naturverjüngung. Die Zielstärkennutzung lässt sich aber auch zwanglos mit herkömmlichen Pflegeverfahren verbinden (REININGER, 1976). Dabei finden neben der einzelstammweisen Nutzung hiebsreifen Holzes weiterhin auch vorratspflegliche Eingriffe im übrigen Bestand statt. Die Nutzungsmassen aus dem durchforstungsartigen Eingriff nehmen dabei in dem Maße ab, wie die Nutzungsmasse aus der Zielstärkennutzung ansteigt.

[393] Zu Wirkungen zwischen Altbestand und der Verjüngung in der Überlappungsphase vgl. FRANZ et al. (1989).

Nach der Darstellung des Nutzungsmodells als Modell für die Simulation der Referenzvariante besteht die Möglichkeit, dass diese Referenz als Kontroll- und Bezugsgröße für die Ergebnisse alternativer Simulationsstudien genutzt werden kann. Auch wenn die Referenzvariante quasi die aus betrieblicher Sicht *„optimale"* Bewirtschaftungsvariante darstellt, können die nachfolgenden Simulationsstudien Alternativen erbringen, die gegenüber der Referenzvariante eine bessere Zielerreichung versprechen.

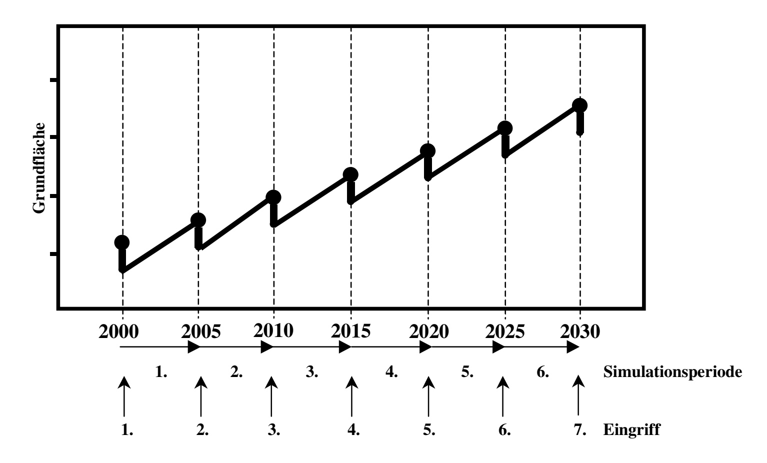
5.5.1.3 Naturale Ergebniskennzahlen der Referenzvariante

5.5.1.3.1 Fichtendominierte Bestandestypen

5.5.1.3.1.1 Entwicklungen einzelner typentypischer Bestände

Die Tabellen 25 und 26 zeigen detailliert die Einzelmaßnahmen für jeden der 27 typentypischen Bestände zu den sieben Eingriffszeitpunkten (Abb. 62). Die Eingriffsfolge wird beschrieben durch die Art der Maßnahme und die jeweilige Nutzungsmenge in Vfm/ha. Erfolgt keine Maßnahme, ist dieses vermerkt. Als geeignete Kennzahlen zur Beschreibung der weiteren Bestandesentwicklung wird jeweils die Stammzahl und die Grundfläche nach dem Eingriff für den entsprechenden typentypischen Bestand mitgeteilt. Die Tabelle 25 zeigt die Daten für die 13 ausgeschiedenen typentypischen Reinbestände. Die naturale Entwicklung der 14 typentypischen Mischbestände ist in der Tabelle 26 zu finden.

Abb. 62*: Schematische Darstellung über den Periodenbezug der sieben Eingriffe während des 30-jährigen Fortschreibungszeitraumes.*



***Tab. 25**: Übersicht zur Eingriffsfolge nach Nutzungsart und Entnahmemenge sowie der korrespondierenden Stammzahl- und Grundflächenentwicklung im Verlauf der Wachstumssimulation für die fichtendominierten Subcluster mit Reinbestandscharakter.*

Subcluster			2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 Stgh	a	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/22	Adf/29	Adf/36	k. M.	Ndf/20	k. M.	k. M.
		Stammzahl nach Eingriff	765	663	552	552	410	410	410
		G nach Eingriff [m²]	23,3	22,5	21,8	24,6	24,3	26,7	29,5
	b	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/31	k. M.	Adf/23	k. M.	Ndf/20	k. M.	Ndf/20
		Stammzahl nach Eingriff	765	765	677	677	518	518	445
		G nach Eingriff [m²]	17,6	19,7	20,6	23,5	23,8	26,9	27,7
2 Bmh	a	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Ndf/40	k. M.	k. M.	k. M.	Vpf/40	k. M.	ZN/39
		Stammzahl nach Eingriff	356	356	356	356	335	335	327
		G nach Eingriff [m²]	31,8	34,4	36,5	38,5	38,1	40,7	40,8
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Vpf/41	Vpf/31	ZN/35	Vpf/41	Vpf/31	Vpf/42	ZN/29
		Stammzahl nach Eingriff	301	282	275	252	239	221	215
		G nach Eingriff [m²]	30,5	30,5	30,3	29,4	29,1	28,3	28,1
	c	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Ndf/30	k. M.	k. M.	k. M.	Vpf/40	k. M.	ZN/40
		Stammzahl nach Eingriff	339	339	339	339	319	319	311
		G nach Eingriff [m²]	30,7	33,0	35,2	38,0	37,8	40,3	40,0
	d V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Vpf/31	Vpf/22	ZN/31	Vpf/40	Vpf/31	ZN/30	Vpf/42
		Stammzahl nach Eingriff	277	262	257	236	222	216	197
		G nach Eingriff [m²]	28,1	28,6	28,3	27,8	27,9	27,5	26,7
3 Alth	a	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/44	ZN/53	ZN/67	ZN/61	ZN/76	ZN/36	ZN/26
		Stammzahl nach Eingriff	103	94	82	72	63	59	54
		G nach Eingriff [m²]	24,5	22,5	19,6	17,1	13,3	11,9	11,1
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/64	ZN/64	ZN/42	Vpf/25	ZN/35	Vpf/43	ZN/32
		Stammzahl nach Eingriff	87	76	68	60	53	40	34
		G nach Eingriff [m²]	17,3	14,2	12,6	12,0	10,6	8,8	7,6
	c V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/71	ZN/54	ZN/27	Vpf/41	ZN/25	Vpf/41	ZN/36
		Stammzahl nach Eingriff	188	178	172	155	150	132	125
		G nach Eingriff [m²]	21,3	19,2	18,4	16,7	16,2	14,9	13,7
	d	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/74	Vpf/41	ZN/27	ZN/42	ZN/34	Vpf/60	ZN/45
		Stammzahl nach Eingriff	283	265	259	250	243	221	212
		G nach Eingriff [m²]	33,5	32,7	32,6	32,1	31,9	29,8	28,9
	e	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/61	ZN/68	Vpf/40	Vpf/40	ZN/39	ZN/29	Vpf/63
		Stammzahl nach Eingriff	280	269	249	229	221	215	191
		G nach Eingriff [m²]	30,0	27,4	26,5	25,8	25,7	25,6	23,6
	f V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/60	ZN/47	Vpf/62	ZN/34	Vpf/62	ZN/66	ZN/36
		Stammzahl nach Eingriff	249	242	221	214	194	181	174
		G nach Eingriff [m²]	37,1	35,6	33,9	33,2	31,5	29,2	28,8
	g V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/65	ZN/61	ZN/44	Vpf/61	ZN/56	Vpf/62	ZN/62
		Stammzahl nach Eingriff	236	225	217	198	187	169	157
		G nach Eingriff [m²]	38,2	36,5	35,9	33,7	32,9	30,6	28,6

Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz
k. M.: keine Maßnahme; Adf: Auslesedurchforstung; Ndf: Niederdurchforstung; Vpf: Vorratspflege; ZN: Zielstärkennutzung; V: Subcluster mit beschriebener Verjüngung.
Beispiel: ZN 65 = Zielstärkennutzung mit einer Entnahmemenge von 65 Vfm/ha.

***Tab. 26**: Übersicht zur Eingriffsfolge nach Nutzungsart und Entnahmemenge sowie der korrespondierenden Stammzahl- und Grundflächenentwicklung im Verlauf der Wachstumssimulation für die fichtendominierten Subcluster mit Mischbestandscharakter.*

Sub-cluster			2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
4 Stgh	a	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/20	Ndf/25	k. M.	k. M.	k. M.	Ndf/20	k. M.
		Stammzahl nach Eingriff	539	355	355	355	355	314	314
		G nach Eingriff [m²]	17,5	16,6	18,9	20,8	23,2	23,8	25,6
	b	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/36	Ndf/21	k. M.	k. M.	k. M.	Ndf/20	k. M.
		Stammzahl nach Eingriff	536	374	374	374	374	339	339
		G nach Eingriff [m²]	20,0	20,2	21,8	24,0	25,9	26,2	28,1
5 Bmh	a	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Ndf/40	k. M.	k. M.	k. M.	Vpf/40	k. M.	Vpf/41
		Stammzahl nach Eingriff	347	347	347	347	326	326	307
		G nach Eingriff [m²]	31,6	34,2	36,0	38,0	37,2	39,5	39,4
	b	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	k. M.	k. M.	ZN/57	Vpf/42	Vpf/40	ZN/40	Vpf/31
		Stammzahl nach Eingriff	313	313	302	281	259	251	238
		G nach Eingriff [m²]	31,2	33,4	31,9	31,1	30,1	29,3	28,9
	c	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Ndf/40	k. M.	k. M.	k. M.	Vpf/40	ZN/33	Vpf/32
		Stammzahl nach Eingriff	353	353	353	353	334	327	312
		G nach Eingriff [m²]	27,3	29,9	33,1	36,0	35,9	36,0	36,7
	d V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Vpf/41	ZN/28	Vpf/41	Vpf/31	ZN/25	Vpf/40	Vpf/31
		Stammzahl nach Eingriff	314	308	284	262	257	233	218
		G nach Eingriff [m²]	28,7	28,6	27,7	27,0	26,8	25,6	24,7
	e V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/62	Vpf/41	Vpf/30	Vpf/41	ZN/35	Vpf/32	ZN/31
		Stammzahl nach Eingriff	306	288	274	257	250	237	231
		G nach Eingriff [m²]	32,6	31,4	31,7	31,0	30,5	30,8	30,8
6 Alth	a V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/70	ZN/61	ZN/45	Vpf/41	ZN/34	Vpf/42	ZN/47
		Stammzahl nach Eingriff	133	122	115	101	94	79	70
		G nach Eingriff [m²]	23,0	20,4	18,8	17,3	16,5	14,9	13,1
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/65	ZN/60	ZN/69	ZN/34	Vpf/41	ZN/31	Vpf/45
		Stammzahl nach Eingriff	119	108	99	92	79	73	60
		G nach Eingriff [m²]	21,4	19,0	16,7	15,8	14,4	13,6	12,0
	c	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/62	ZN/61	Vpf/44	Vpf/42	ZN/28	Vpf/61	ZN/41
		Stammzahl nach Eingriff	326	316	296	276	270	245	237
		G nach Eingriff [m²]	31,7	30,0	29,0	28,6	28,4	26,8	26,8
	d	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/61	ZN/66	Vpf/42	ZN/28	Vpf/41	ZN/35	Vpf/37
		Stammzahl nach Eingriff	248	240	224	218	203	196	185
		G nach Eingriff [m²]	32,6	30,1	29,2	28,7	27,7	27,0	26,0
	e V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Vpf/40	ZN/29	Vpf/62	ZN/37	Vpf/43	ZN/29	Vpf/30
		Stammzahl nach Eingriff	205	199	175	167	148	142	130
		G nach Eingriff [m²]	28,0	27,6	25,0	24,2	22,9	22,0	21,3
	f V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/63	ZN/61	ZN/53	Vpf/50	ZN/65	Vpf/31	ZN/31
		Stammzahl nach Eingriff	207	196	187	168	155	143	137
		G nach Eingriff [m²]	34,2	32,1	30,4	28,6	26,4	25,6	25,3
7 Alth	a	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/65	ZN/49	Vpf/41	Vpf/34	ZN/30	Vpf/26	ZN/52
		Stammzahl nach Eingriff	189	182	164	151	145	135	125
		G nach Eingriff [m²]	28,4	26,2	24,8	23,6	22,8	22,2	20,6

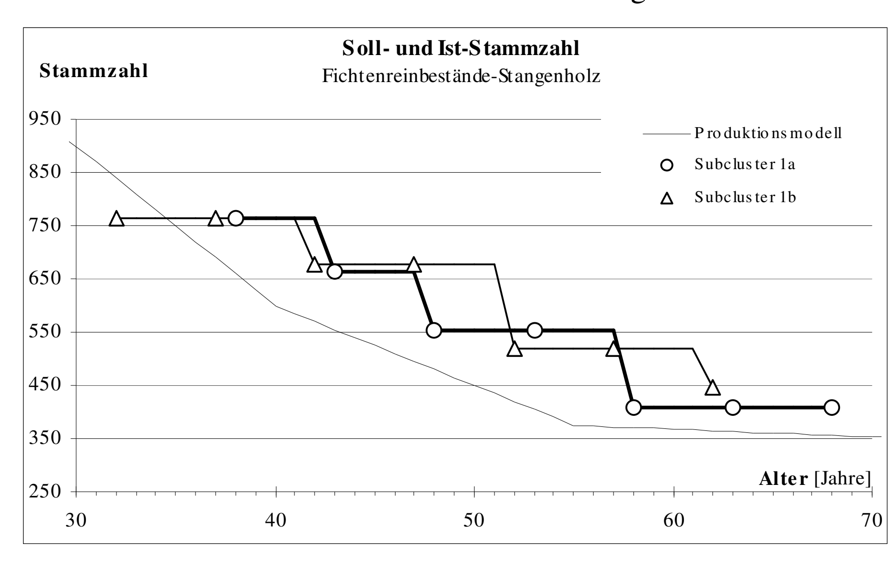
Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz
k. M.: keine Maßnahme; Adf: Auslesedurchforstung; Ndf: Niederdurchforstung; Vpf: Vorratspflege; ZN: Zielstärkennutzung; V: Subcluster mit beschriebener Verjüngung.
Beispiel: Vpf 41 = Vorratspflege mit einer Entnahmemenge von 41 Vfm/ha.

Für die Subcluster der Wuchsklasse *„Stangenholz“* gilt, dass wie im betrieblichen Produktionsmodell[394] dargestellt, eine Z-Baumauswahl bereits stattgefunden hat. Für die Simulation wird die Auswahl von 200 Z-Bäumen unterstellt. Hinsichtlich der Baumförderung wird zusätzlich davon ausgegangen, dass ein großer Anteil der starken Z-Baumkonkurrenten durch Auslesedurchforstungen bei vorausgegangenen Pflegemaßnahmen schon entnommen worden ist. Überdies gelten die Bestände als vollständig mit Rückegassen aufgeschlossen. Nach dem Produktionsmodell sollte somit ein typentypischer Bestand im Bereich von 15–18 m Höhe noch eine Stammzahl von 900 Bäumen/ha haben.

Die beiden Subcluster 1a und 1b lassen sich damit recht gut in das gültige Produktionsmodell einordnen. Mit rund 900 bzw. 1000 Bäumen pro ha wird die erwartete Stammzahl annähernd erreicht. Die Spitzenhöhe[395] h_{100} liegt mit rund 21 m bzw. 18 m geringfügig oberhalb des mitgeteilten Höhenrahmens für das Produktionsmodell.[396]

Für die folgenden 30 Jahre sieht das betriebliche Produktionsmodell vor, dass durch auslese- und niederdurchforstungsartige Eingriffe die Stammzahl bis knapp über die Endstammzahl abgesenkt wird. Die Abbildung 63 zeigt für den Betrachtungszeitraum zunächst die Stammzahlentwicklung, die sich aus dem Produktionsmodell auf Seite 178 ergibt. Zusätzlich sind die durch die Eingriffssimulation tatsächlich erreichbaren Stammzahlen/ha dargestellt.

***Abb. 63**: Vergleich der Soll- und Ist-Stammzahl am Beispiel von Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz“.*



Die Abbildung zeigt, dass die durch den Simulationsansatz erreichten Stammzahlen bis auf eine Ausnahme über der im Produktionsmodell definierten Stammzahlkurve liegen. Beim ersten Eingriff im typentypischen Bestand des Subclusters 1b wird die Stammzahl auf unter 800 Bäume reduziert. Bei der Simulation ist eine strikte Z-Baum-orientierte Auslesedurch-

[394] S. a. Tabelle 22, S. 178.
[395] Zur Definition s. a. KRAMER u. AKÇA (1987: *S. 160*).
[396] Dort wird allerdings eine Spitzenhöhe als h_{200} angegeben.

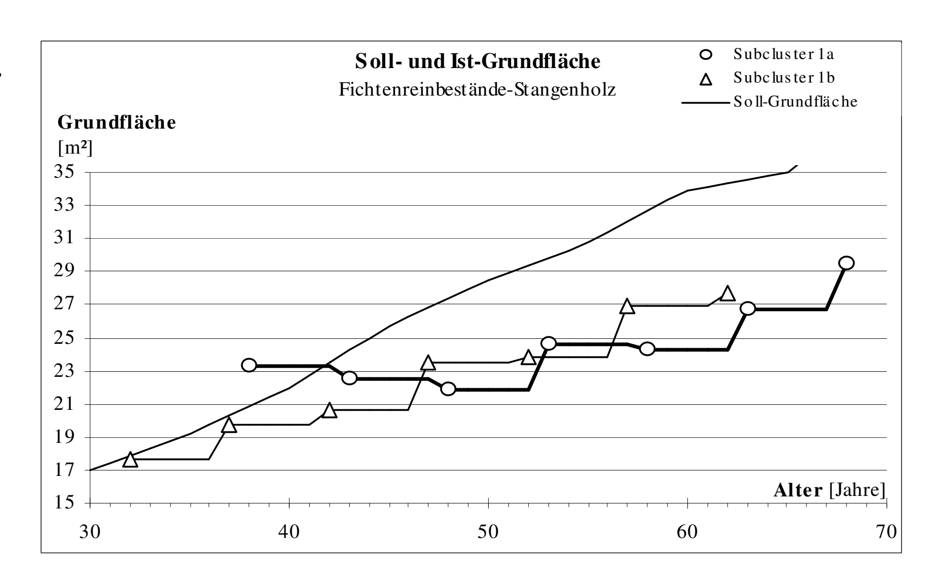
forstung simuliert worden, so dass in dem genannten Beispiel des Subclusters 1b beim ersten Pflegeeingriff lediglich Z-Baum-Konkurrenten entnommen worden sind. Wird im Wachstumsmodell *SILVA* dieses *„Z-Baum-Verfahren“* ausgewählt, kann die Durchforstungsstärke nicht über eine Stammzahl- oder Grundflächenleitkurve gesteuert werden (BIBER et al., 2000: *S. 60*), sondern wird über die Anzahl der je Z-Baum zu entnehmenden Konkurrenten beeinflusst. Dementsprechend kann auch die Anpassung an die Soll-Stammzahl nur iterativ erfolgen, indem die Anzahl der zu entnehmenden Z-Baum-Konkurrenten variiert wird. Für das Subcluster 1b ist beim ersten Eingriff durchschnittlich jeweils ein Bedränger je Z-Baum entnommen worden. Für die Simulation werden wie oben erläutert jeweils 200 Z-Bäume je ha vorausgesetzt.

Der Tabelle 25, S. 190, kann entnommen werden, dass diese Pflegemaßnahme zu einer Entnahme von rund 30 Vfm/ha führt. Weiterhin zeigt diese Tabelle, dass für das Subcluster 1b im Jahr 2010 eine weitere Auslesedurchforstung simuliert wird. Dabei sind nochmals 0,5 Bedränger je Z-Baum entnommen worden. Für das Subcluster 1a sind während der ersten drei Eingriffe Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstungen geplant worden. Die Entnahmemassen liegen zwischen 22 und 36 Vfm/ha je Eingriff.

Bereits bei der Simulation der Auslesedurchforstungen und stärker noch bei den nachfolgenden niederdurchforstungsartigen Eingriffen zeigte sich, dass die aus dem betrieblichen Produktionsmodell ableitbaren Steuerungsinformationen nicht ausreichend sind. Die Grundfläche als weitere wichtige waldbauliche Steuerungsinformation ist im Modell nicht operationalisiert. Zur Unterstützung der Simulation bot es sich deshalb an, aus der Stichprobeninventur Informationen zur Grundflächenhaltung abzuleiten. Alternativ könnte auch auf Ertragstafelansätze oder Pflegerichtlinien zurückgegriffen werden.

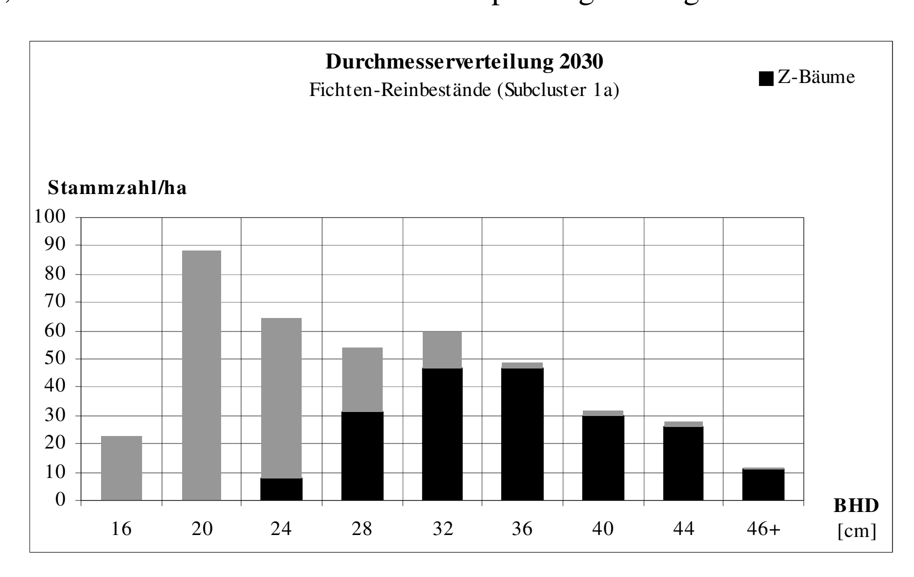
Die Abbildung 64 zeigt die Grundflächenentwicklung für die beiden Typen „Fichten-Reinbestände“ der Subcluster 1a und 1b während der Simulationsperiode. Als Referenzentwicklung ist eine Grundflächenleitlinie dargestellt, die die verbleibende Grundfläche abbildet. Die Herleitung dieser Entwicklung erfolgte in Anlehnung an die Durchforstungsmodelle und die entsprechend behandelten Versuchsflächen der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg (Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, 1993).

Abb. 64: Vergleich der Soll- und Ist-Grundfläche am Beispiel von Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz“.



Es ist offensichtlich, dass die Grundflächenentwicklung im Vergleich auf einem niedrigeren Niveau verläuft. Die Pflegeeingriffe im Anschluss an die Auslesephase sind dementsprechend sehr vorsichtig und mit geringer Entnahmemasse geführt worden. Für das Subcluster 1a ist lediglich zum Zeitpunkt 2020 eine weitere niederdurchforstungsartige Pflege mit einer Entnahmemasse von 20 Vfm/ha geplant. Für das Subcluster 1b zeigt die Tabelle 25, S. 190, dass mit gleicher Entnahmemasse zum Zeitpunkt 2020 und 2030 eingegriffen wird. Die Maßnahme im Jahr 2030 ergibt sich aus der Abwägung zwischen der Stammzahlentwicklung (Abb. 64) und der Grundflächenentwicklung. Da sich gegenwärtig im Betrieb stärker an der Stammzahl orientiert wird, wurde dies auch bei der Maßnahmenplanung höher gewichtet.

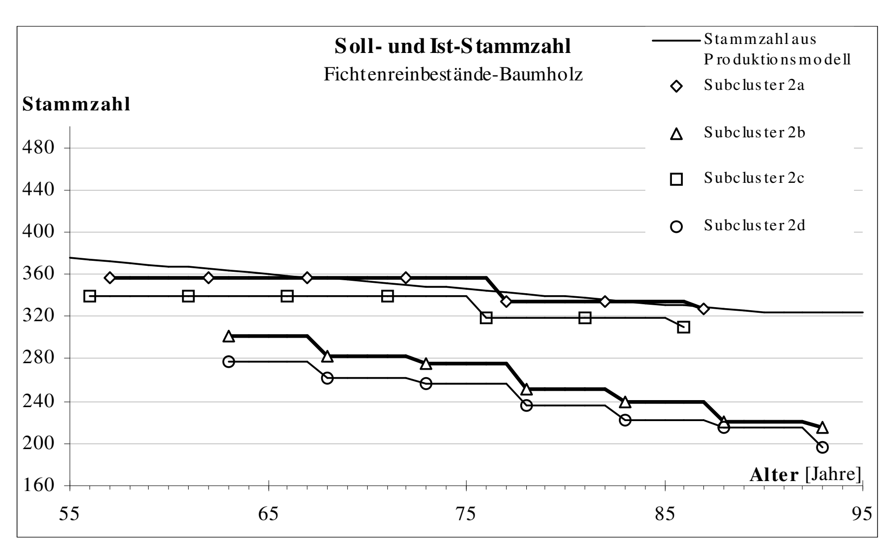
Abb. 65: Durchmesserverteilung für das Subcluster 1a am Ende der Simulation.



Als weiterer Ergebnistyp lässt sich für die einzelnen Subcluster, wie die Abbildung 65 zeigt, die Durchmesserverteilung am Ende der Simulationsperiode darstellen. Zusammen mit den in den Abbildungen 63 und 64 vorgestellten Ergebnissen zur Stammzahlentwicklung zeigt sich beispielsweise, dass die über der betrieblichen Stammzahlleitlinie liegenden tatsächlichen Stammzahlen für das Subcluster 1a auch einen erheblichen Anteil an schwächeren Dimensionen umfassen.

Ab einem Alter von 55 Jahren sieht das betriebliche Produktionsmodell eine leichte Niederdurchforstung und bei entsprechenden Dimensionen eine erste Entnahme von Zielstärken vor. Die Stammzahl sollte in diesem Alter zwischen 350 und 400 Bäume/ha betragen (Abb. 66). In den folgenden Jahrzehnten wird von einer Hiebsruhe ausgegangen. Die Stammzahl reduziert sich nur noch geringfügig auf 300–350 Bäume/ha. Erreichen einzelne Z-Bäume den Zieldurchmesser, werden diese frühzeitig und konsequent entnommen. Mit der zunehmenden Zielstärkennutzung sind auch die Maßnahmen zur Einleitung der Naturverjüngung zu berücksichtigen.

Abb. 66*: Vergleich der Soll- und Ist-Stammzahl am Beispiel von Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz“.*



Die typentypischen Fichten-Reinbestände, die die vier Subcluster der Wuchsklasse *„Baumholz“* repräsentieren (Subcluster 2), entsprechen zu Beginn der Simulation recht gut dem betrieblichen Produktionsmodell. Die vier Bestände haben ein Alter zwischen 56 und 63 Jahren. Die Spitzenhöhen (h_{100}) liegen mit Höhen zwischen 29–31 m rund 4 m oberhalb der Rahmenwerte im Modell. Eine nach oben abweichende Tendenz zeigen auch die Durchmesserwerte.[397]

Als Ergebnis der Clusteranalyse sind zwei der vier Subcluster durch nennenswerte Fichtennaturverjüngung gekennzeichnet. Für beide Subcluster zeigen sich bereits zu Beginn der Simulation deutlich geringere Stammzahlen/ha als vom Produktionsmodell vorgegeben. Beide

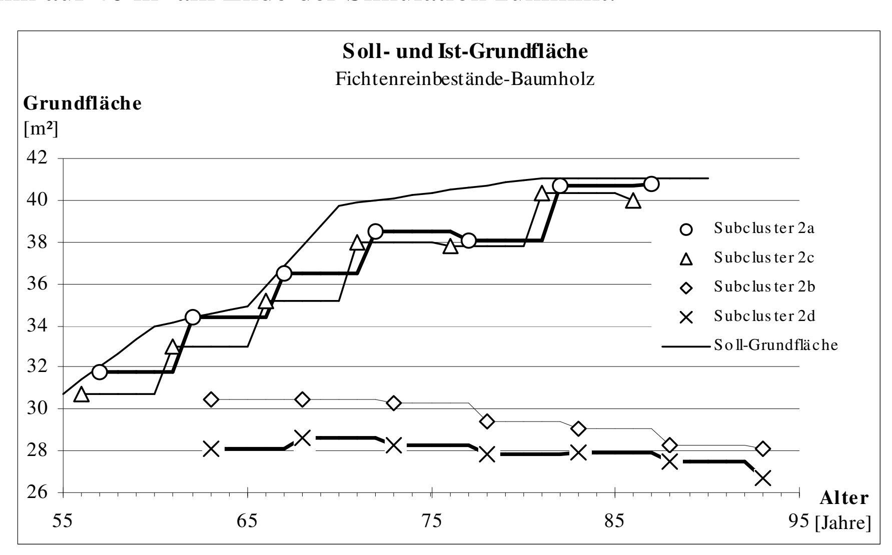
[397] Siehe hierzu die Tabelle 18, S. 162, zusammen mit der Tabelle 22, S. 178.

Typen zeigen tendenziell die größten Abweichungen hinsichtlich Höhe und Durchmesser gegenüber dem Produktionsmodell. Diese sich aus der bisherigen Bewirtschaftung ergebende Voraussetzung ist bei der Simulation berücksichtigt worden. In der Tabelle 25 ist zu sehen, dass für die beiden verjüngten Typen die Zielstärkennutzungen bereits 2010 erfolgen, also mit dem dritten Eingriff während der siebenphasigen Eingriffsfolge.

Zusammen mit zwischenzeitlichen vorratspfleglichen Eingriffen ergibt sich die in der Abbildung 66 dargestellte Stammzahlentwicklung für die gesamte Fortschreibungsperiode. Die Entwicklung zeigt durch kontinuierliche Eingriffe eine zunehmend geringer werdende Stammzahl/ha, die am Ende der Simulationsperiode aber immer noch rund 200 Bäume/ha umfasst. Demgegenüber zeigen die Eingriffsstrategien sowie die Stammzahlentwicklungen für die beiden Subcluster ohne Naturverjüngung die im Produktionsmodell beschriebene Hiebsruhe. Die Stammzahl/ha nimmt dementsprechend nur geringfügig ab.

Die Simulationsergebnisse bezüglich der Grundflächenentwicklung zeigt die Abbildung 67. Aus den zurückhaltenden Eingriffen für die nicht verjüngten Subcluster resultiert die in der Abbildung aufgezeigte Entwicklung. Sowohl für Subcluster 2a als auch Subcluster 2c ist ein deutlicher Grundflächenanstieg zu verzeichnen, der über die 30-jährige Fortschreibungsperiode von rund 31 m² zu Beginn auf 40 m² am Ende der Simulation zunimmt.

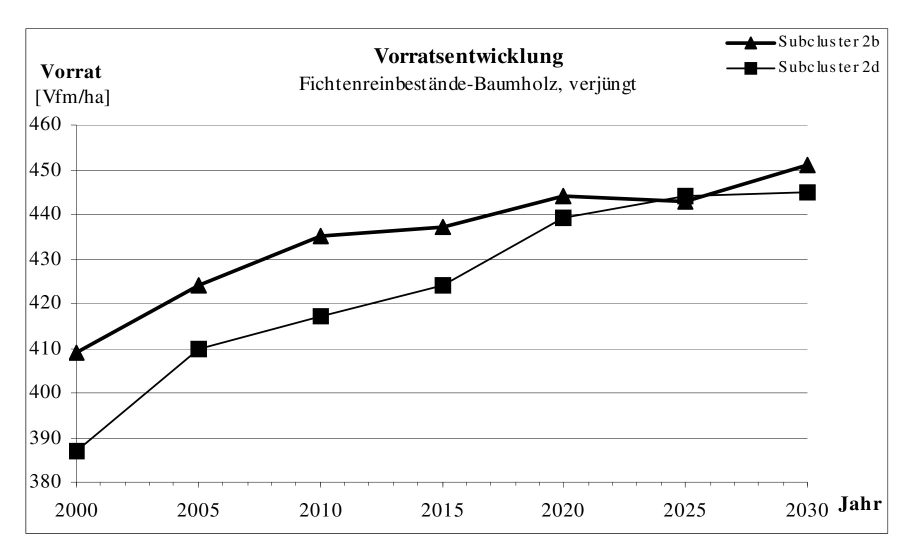
***Abb. 67**: Vergleich der Soll- und Ist-Grundfläche am Beispiel von Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz“.*



Die Grundflächenentwicklung für die beiden Subcluster 2b und 2d zeigt eine leicht fallende Grundfläche während der Fortschreibungsperiode. Die betrieblichen Vorgaben für Bestände mit übernahmewürdiger Verjüngung waren vor der Simulation nicht ausreichend operationalisiert, um damit den Wachstumssimulator SILVA zu steuern. Bei der Entwicklung der Bewirtschaftungsmaßnahmen ist anders als beim Stangenholz keine stammzahlorientierte, sondern eine stärker grundflächenorientierte Steuerung der Simulation gewählt worden. Die möglichen Vorgaben zur Behandlung der beiden Bestände sind in dem Abschnitt 5.5.1.1.2, S. 180f,

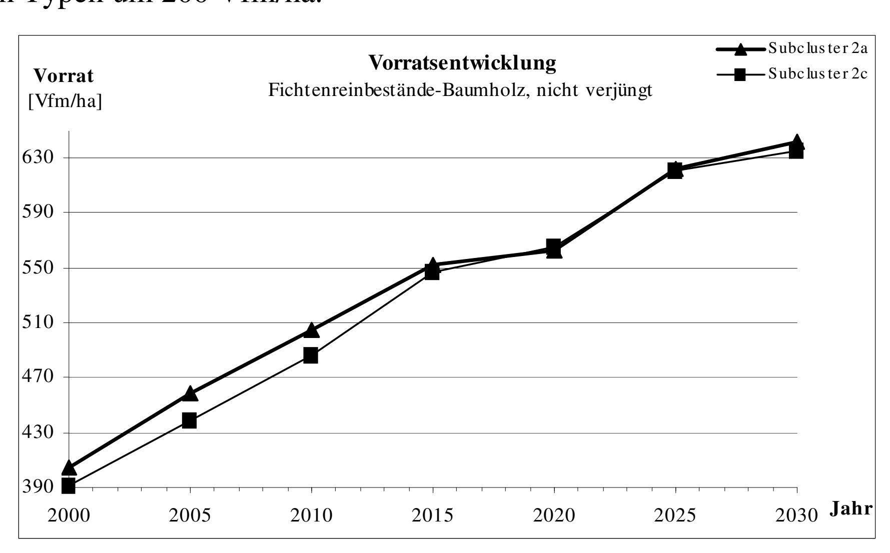
zusammengefasst.[398] Die simulierte Eingriffstypologie zeigt eine leicht sinkende Grundflächenhaltung, wobei die Grundfläche nicht wesentlich über 28 m² liegt. Die zu Beginn geforderte Vorratsabsenkung auf 75 % ist bei Bestockungsgraden von 0,77 und 0,68 bereits zu Beginn der Simulation erfüllt.

***Abb. 68**: Vorratsentwicklung für zwei Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse "Baumholz mit gesicherter Verjüngung".*



Die Darstellung der Vorratsentwicklung in der Abbildung 68 zeigt deutlich, dass mit der gewählten Eingriffsstrategie die in Abschnitt 5.5.1.1.2, S. 180f, geforderte Vorratskonstanz nicht vollständig erreicht wird. Im Vergleich zu der in der Abbildung 69 dargestellten Vorratsentwicklung für die beiden typentypischen Bestände ohne Verjüngungsansätze erfolgt der Vorratsanstieg allerdings auf einem deutlich geringeren Niveau. Liegt der Vorrat zu Beginn der Simulation für alle vier Typen bei rund 400 Vfm/ha, so steigt der Vorrat für die nicht verjüngten Typen über den Fortschreibungszeitraum recht kontinuierlich auf etwas 640 Vfm/ha an. Dieser Vorratswert im Jahr 2030 übersteigt damit den Vorrat der bereits mit gesicherter Verjüngung ausgestatteten Typen um 200 Vfm/ha.

***Abb. 69**: Vorratsentwicklung für zwei Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse "Baumholz ohne Verjüngung".*



[398] Als wesentliche naturale Steuerungsgrößen sind dort genannt worden: Vorratskonstanz von 350 bis 400 Fm/ha, Grundflächenwerte von maximal 28 m².

Eine beispielhafte Analyse der Vorratsausstattung zwischen einem verjüngten und einem nicht verjüngten Fichtenbaumholztyp (Subcluster 2) ermöglichen die Abbildungen 68 und 69. Für den das Subcluster 2b repräsentierenden typentypischen Bestand gilt, dass während der Eingriffe im Jahr 2010 und 2030 bereits 20 Bäume nach Erreichen des Zieldurchmessers von 60 cm genutzt worden sind. Ein Vergleich mit Abbildung 69 zeigt, dass die vorratspfleglichen Eingriffe bei diesem bereits verjüngten Fichtentyp in den drei Durchmesserklassen 30,0–(32)–33,9, 34,0–(36)–37,9 und 38,0–(40)–41,9 zu einer Abnahme bei dem nicht aus den Z-Bäumen bestehenden Vorratsanteil führt. Gleichzeitig zeigt die Durchmesserverteilung in Abbildung 68 aber auch, dass durch die Wahl des Behandlungskonzeptes bereits in den aus Z-Bäumen bestehenden Vorratsanteil eingegriffen worden ist. Dadurch ist die Anzahl der ursprünglich 200 markierten Z-Bäume weiter reduziert worden. Die Entnahme dieser Bäume erfolgte bereits vor Erreichen des Zieldurchmessers. Dieses zeigt sich in der Abbildung 68 in der Durchmesserklasse 42,0–(44)–45,9 und der Ausbildung einer zweigipfeligen Durchmesserverteilung.

***Abb. 70**: Durchmesserverteilung für das Subcluster 2b (Fichtenbaumholz, verjüngt) am Ende der Simulation.*

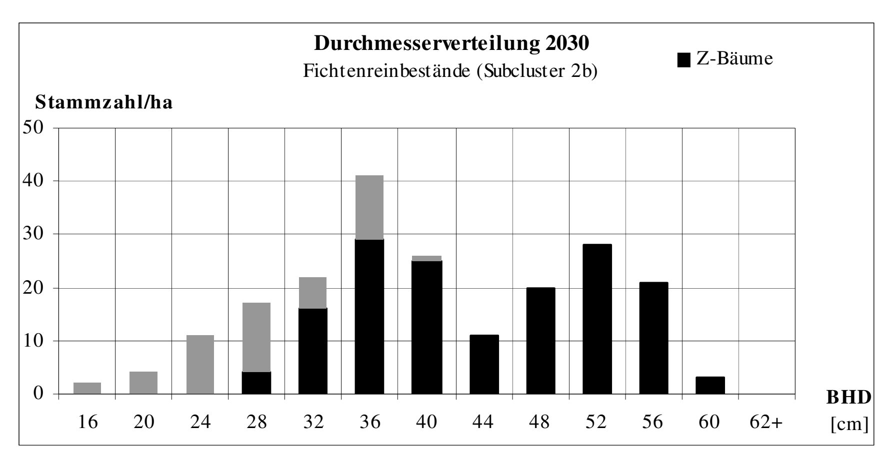
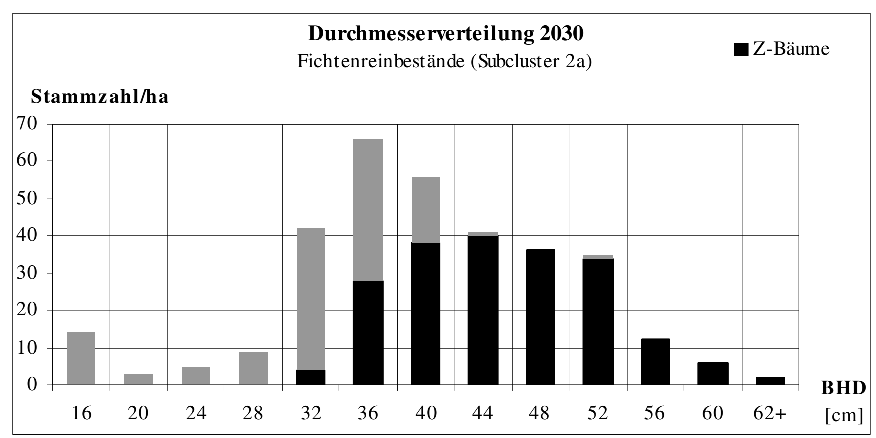


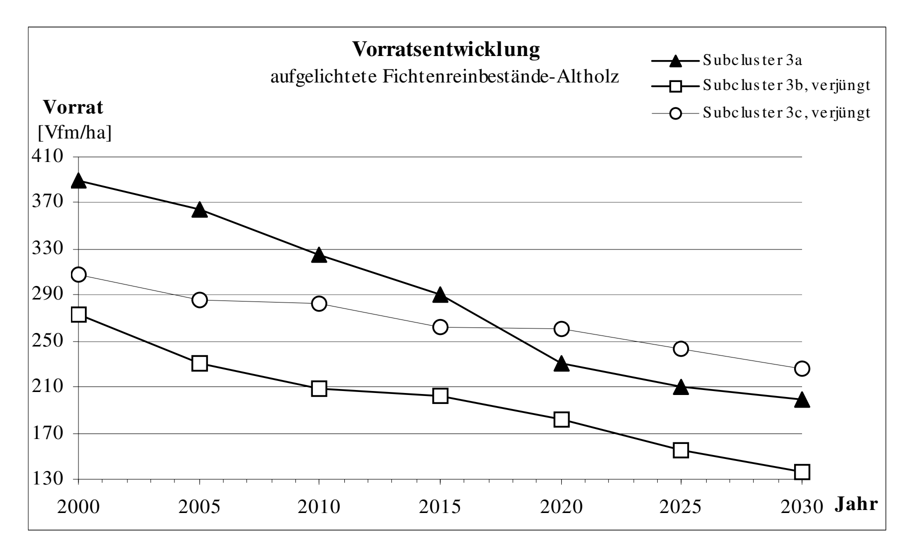
***Abb. 71**: Durchmesserverteilung für das Subcluster 2a (Fichtenbaumholz, nicht verjüngt) am Ende der Simulation.*



Für Bestände der Wuchsklasse „*Altholz*" sieht das Produktionsmodell eine Zielstärkennutzung zur Einleitung der Naturverjüngung und eventuell einen Laubholzvoranbau vor. Als Ergebnis der Clusteranalyse unterscheiden sich die Subcluster in der Wuchsklasse „*Altholz*" (Subcluster 3) hinsichtlich des eingeschätzten Kronenschlussgrades. In der Abbildung 72 ist die Vorratsentwicklung für drei aufgelichtete Bestandestypen dargestellt. Durch konsequente

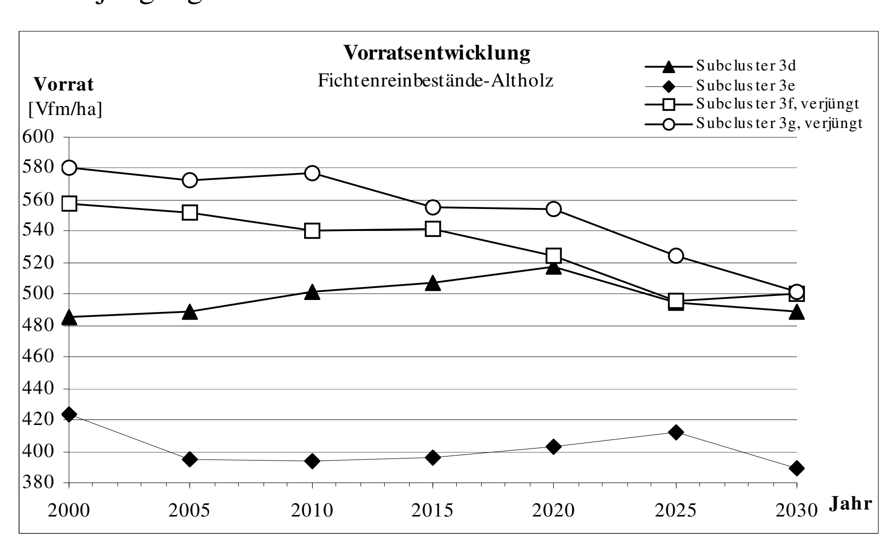
Zielstärkennutzung wird der Vorrat kontinuierlich abgesenkt. Zum Ende der Fortschreibungsperiode verbleibt ein Altholzschirm mit einem Bestockungsgrad von rund 0,2. Besondere Risikoaspekte, die sich aus der zunehmenden Auflichtung des Bestandesgefüges ergeben könnten, sind bei der Simulation nicht berücksichtigt worden.

***Abb. 72**: Vorratsentwicklung für aufgelichtete Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse "Altholz".*



Die Vorratsentwicklung für geschlossene Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse *„Altholz"* (Subcluster 3) ist in der Abbildung 73 dargestellt. Im Unterschied zur Abbildung 72 zeigt sich, dass der Bestandesvorrat für verjüngte Bestände zu Beginn der Simulation höher ist als bei den beiden typentypischen Beständen, die keinen Verjüngungsvorrat aufweisen. Der Vorrat für die nicht verjüngten Bestände bleibt unter geringen Schwankungen über die Simulationsperiode recht konstant. Für die bereits mit gesicherter Verjüngung ausgestatteten Typen wird durch die Möglichkeit zur Zielstärkennutzung der Vorrat in den 30 Jahren hingegen stärker abgesenkt. Allerdings ist die Vorratsabsenkung um 10 % bzw. 20 % für eine optimale Entwicklung der Naturverjüngung kaum ausreichend.[399]

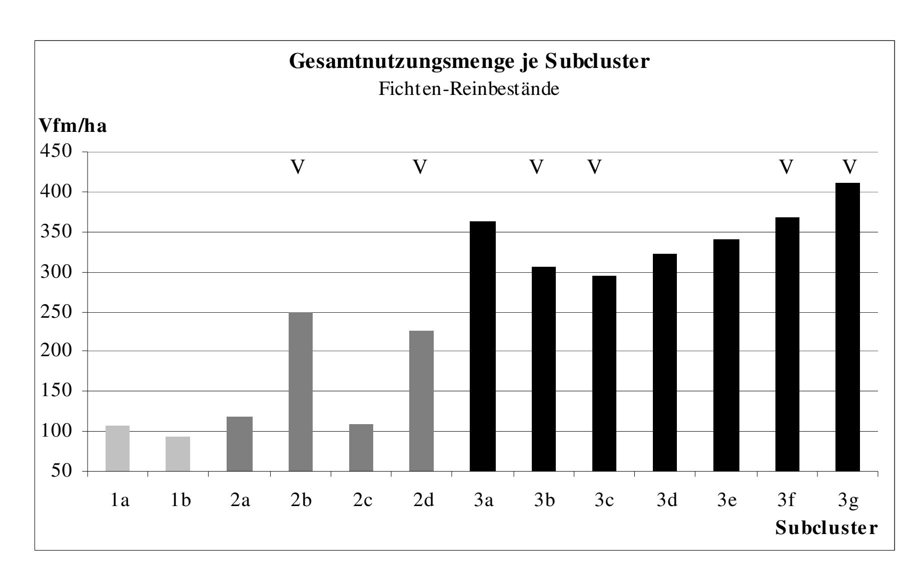
***Abb. 73**: Vorratsentwicklung für Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse "Altholz".*



[399] Hierzu siehe Abschnitt 5.5.2.1: Simulation zur Sicherung der Verjüngungsziele in Fichtenbeständen, S. 222.

Die Abbildungen 74 und 75 zeigen für sämtliche Fichtentypen die aus den Tabellen 25, S. 190 und 26, S. 191, summierten Nutzungsmengen für die gesamte 30-jährige Simulationsperiode. In den Abbildungen sind jeweils diejenigen Subcluster gekennzeichnet, für die während der Typenkriterienansprache eine gesicherte Verjüngung festgestellt worden ist. Dabei zeigt sich, dass für Fichten-Reinbestandstypen als auch für Fichten-Mischbestandstypen der Wuchsklasse *„Baumholz“* die Nutzungemengen in diesen bereits verjüngten typentypischen Beständen deutlich höher als die Nutzungsmasse in nicht verjüngten Typen ist. Das gilt für Fichten-Reinbestandstypen[400] und in noch stärkerem Maß für die Fichten-Mischbestandstypen. [401]

***Abb. 74**: Nutzungsmengen je Subcluster während des gesamten Simulationszeitraums für Fichten-Reinbestandstypen.*



V: Bestände des Subclusters sind bei der Typenkriterienansprache als „verjüngt“ angesprochen worden.

Ein Blick auf die summierten Nutzungsmengen für die Wuchsklasse *„Altholz“* (Abb. 74) macht nicht nur Unterschiede zwischen verjüngten und nicht verjüngten Fichten-Reinbestandstypen sichtbar, sondern zeigt eine zusätzliche Abhängigkeit von der Flächendeckung des Oberstandes.[402] In den Subclustern 3a, 3b und 3c werden jeweils Bestände zusammengefasst, die eine Flächendeckung unter 76 % haben. Ein Vergleich nur zwischen diesen zeigt, dass die Nutzungsmenge in den beiden verjüngten Subclustern 3b und 3c geringer ist als bei dem Subcluster 3a ohne Verjüngung. Diese geringere Nutzungsmenge lässt sich je nach Verjüngungszustand auf unterschiedliche Ausgangssituationen zurückführen.

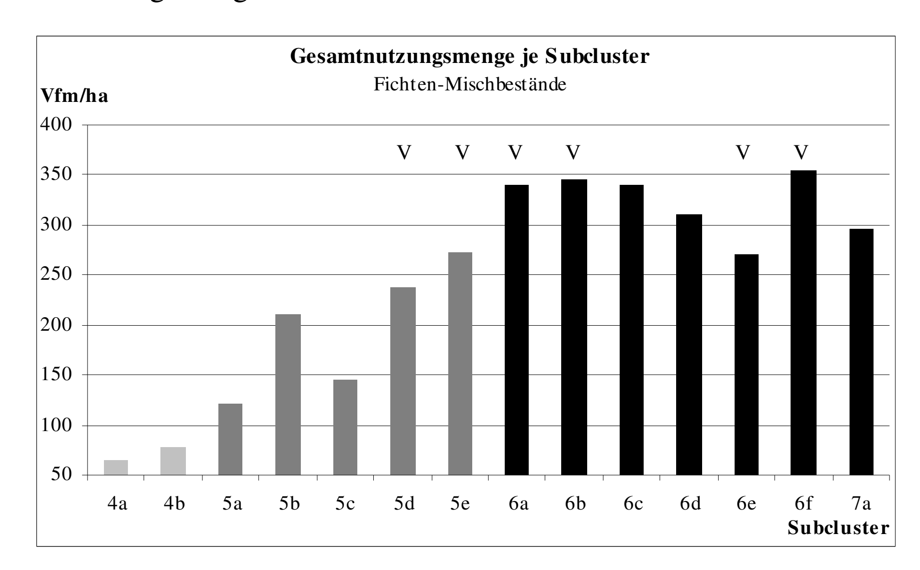
Die Tabelle 18, S. 162, zeigt beispielsweise, dass die Bestände, die zu den Subclustern 3b und 3c gehören, zu Beginn der Simulation im Durchschnitt bereits einen um 22 % bzw. 13 % ge-

---

[400] Siehe hierzu die Subcluster 2b und 2d in Abbildung 74.
[401] Siehe hierzu die Subcluster 5d und 5e in Abbildung 75.
[402] Die Flächendeckung des Oberstandes ist ein Ansprachekriterium der Typenkriterienansprache und beschreibt den Kronenschlussgrad des Oberstandes. Zu den möglichen Merkmalausprägungen s. a. Tabelle 8, S. 129.

ringeren Vorrat aufweisen (Abb. 72). Die Darstellung der Einzelmaßnahmen in Tabelle 25, S. 190, zeigt außerdem, dass für das Subcluster 3a durchgängig über alle Eingriffszeitpunkte hinweg eine Zielstärkennutzung möglich war. Dieses gilt nicht in gleichem Maß für die anderen beiden Subcluster. Für die übrigen Fichten-Reinbestandstypen der Wuchsklasse *„Altholz“* kann der Abbildung 74 entnommen werden, dass in den beiden als verjüngt angesprochenen Typen[403] die größten Gesamtnutzungsmengen anfallen.

Abb. 75: *Nutzungsmengen je Subcluster während des gesamten Simulationszeitraums für Fichten-Mischbestandstypen.*



V: Bestände des Subclusters sind bei der Typenkriterienansprache als „verjüngt“ angesprochen worden.

5.5.1.3.1.2 Entwicklungen der Bestandesklasse

Durch die gegenwärtigen Holzpreise und Arbeitskosten werden Pflegeeingriffe in jungen Beständen zu kostspieligen Investitionen; eine Zustandsbeschreibung, die sich auch zukünftig wenig ändern wird. Die Vermeidung von Maßnahmen mit negativem Deckungsbeitrag im defizitären Schwachholzbereich im Zuge von Vornutzungen ist daher für eine ertragsorientierte Betriebsführung von Bedeutung (ABETZ, 1993; MOOG, 1993).

Bei Annahme eines ertragstafelkonformen Behandlungsmodells[404] liegt das Vornutzungsprozent im Bereich von 50 %. Finden andere Behandlungsmodelle Anwendung, liegt das Vornutzungsprozent bei etwa 30 % (JOHANN u. POLLANSCHÜTZ, 1980: *S. 46*). Eine Z-Baum-orientierte Behandlung führt je nach Bonität zu Vornutzungsprozenten von 28–34 % (KLÄDTKE; 1993: *S. 84*). *„Für Bestandeserziehungsmodelle mit geringer Stammzahlhaltung und frühzeitiger Förderung wertvoller Zuwachsbäume“* werden nach DUFFNER (1994: *S. 676*) *„nur 20 % des gesamten Holzzuwachses aus Durchforstungen geerntet“*, *„während 80 % des Holzzuwachses in Form wertvoller starker Bäume genutzt werden kann.“* Dieser Zielstellung

[403] Siehe hierzu die Subcluster 3f und 3g in Abbildung 74.
[404] WIEDEMANN (1942), Fichte mäßige Durchforstung.

und dem Einstieg in derartige Modelle stehen einige Probleme entgegen. Durchforstungsrückstände und niedrige Schwachholzpreise werden vielen Betrieben einen nahtlosen Übergang mit dem Ziel eines deutlich reduzierten Durchforstungsanteils aus Vornutzungen an der Gesamtnutzung erschweren.

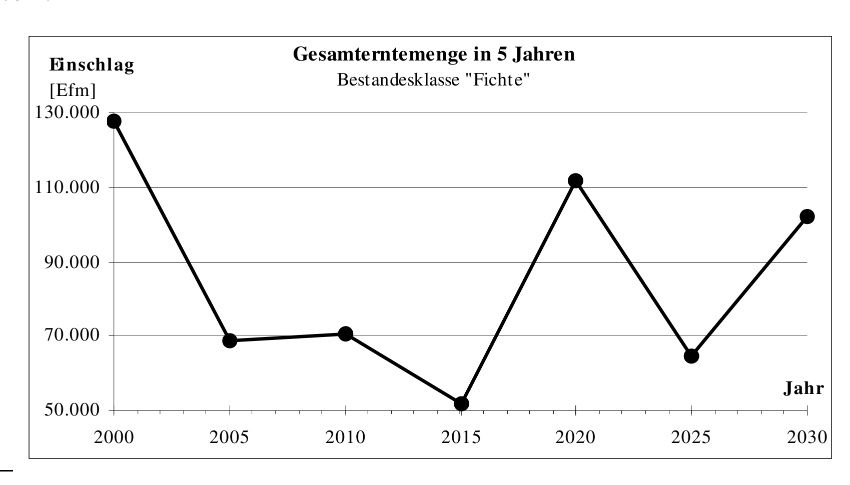
***Tab. 27**: Entwicklung des Fichteneinschlages nach Nutzungsarten getrennt.*[405]

Nutzungs-art	2000		2005		2010		2015		2020		2025		2030	
	Ges.	St.	Ges.	St.	Ges.	St.	Ges.	St.	Ges.	St.	Ges.	St.	Ges.	St.
Adf	15.389	1.714	9.813	1.026	14.765	1.790								
Ndf	43.359	91	4.015						8.975		3.509		2.092	
Vpf	12.924	9.554	15.734	11.321	24.630	17.075	30.948	21.384	75.794	53.321	31.986	21.197	32.765	21.997
ZN	56.294	37.833	39.181	25.448	31.174	20.487	20.732	13.538	27.105	17.413	28.929	18.224	67.301	43.873

Ges.: alle Sortimente [Efm]; St.: Stammholz [Efm]. Adf: Auslesedurchforstung; Ndf: Niederdurchforstung; Vpf: Vorratspflege; ZN: Zielstärkennutzung.

Die Simulationsergebnisse für die Referenzvariante zeigen, dass für den Untersuchungsbetrieb günstige Gegebenheiten vorliegen (Tab. 27). Durch die waldbauliche Situation, die Bestockungsverhältnisse und den guten Pflegezustand der Bestände, ist als Ergebnis des Simulationslaufes ein betriebliches Vornutzungsprozent von etwa 20 % in den nächsten 30 Jahren zu erwarten.[406] Mit zunehmender Fortschreibungsdauer reduzieren sich die Nutzungen aus Auslese- und Niederdurchforstungen. Gleichzeitig nehmen die Nutzungsmengen aus Vorratspflege und Zielstärkennutzung zu. Der Einschlag, der im Rahmen der Zielstärkennutzung realisiert werden kann, beträgt rund 180.000 Efm Stammholz.[407] Die Ergebnisse der waldbaulichen Maßnahmen führen zu den in der Abbildung 76 dargestellten Nutzungsmengen in der Bestandesklasse *„Fichte“*.

***Abb. 76**: Einschlagsentwicklung in den nächsten 30 Jahren für die Bestandesklasse „Fichte“.*



[405] Eine graphische Darstellung der Summe über alle Nutzungsarten erfolgt in Abbildung 76, S. 202.

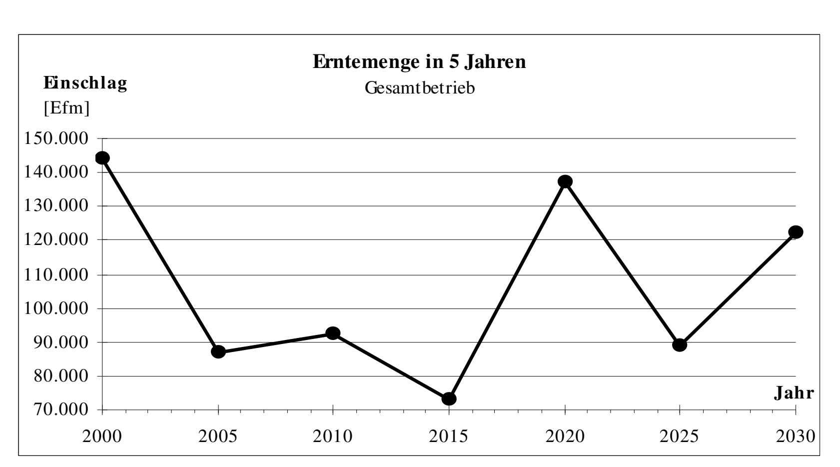
[406] Dieser Berechnung liegt die Annahme zu Grunde, dass Vorratspflege zur Hauptnutzung gerechnet wird (MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 1999). Dann stehen rund 106.000 Vfm aus Auslese- und Niederdurchforstung etwa 495.000 Vfm aus der Hauptnutzung gegenüber. Bei dieser Berechnung fehlen allerdings die zukünftig in die Pflegephase einwachsenden Bestände, die in Tabelle 12, S. 137, aufgeführt werden. Werden die Flächen der Wuchsklasse *„Jungwuchs“* und *„Dickung“* aus dieser Tabelle mit berücksichtigt, dürfte sich die Vornutzungsmenge um ca. 50.000 Vfm erhöhen. Das Vornutzungsprozent läge in diesem Fall bei rund 25 %.

[407] Bezogen auf eine Gesamtmenge von 480.000 Efm sind das 37 %.

Eine nach den drei Wuchsklassen *„Stangenholz“*, *„Baumholz“* und *„Altholz“* untergliederte Analyse zeigt, dass sich für die Bestände im *„Stangenholz“* nach einer Phase der Auslesedurchforstung eine Periode der Vorratsanreicherung mit sehr zurückhaltenden Eingriffen anschließt. Dieses Vorgehen entspricht dem in der Tabelle 22 mitgeteilten Produktionsmodell, das nach ausreichender Förderung der Z-Bäume eine Hiebsruhe vorsieht. In der Wuchsklasse *„Baumholz“* ist die Phase der Auslesedurchforstung abgeschlossen.

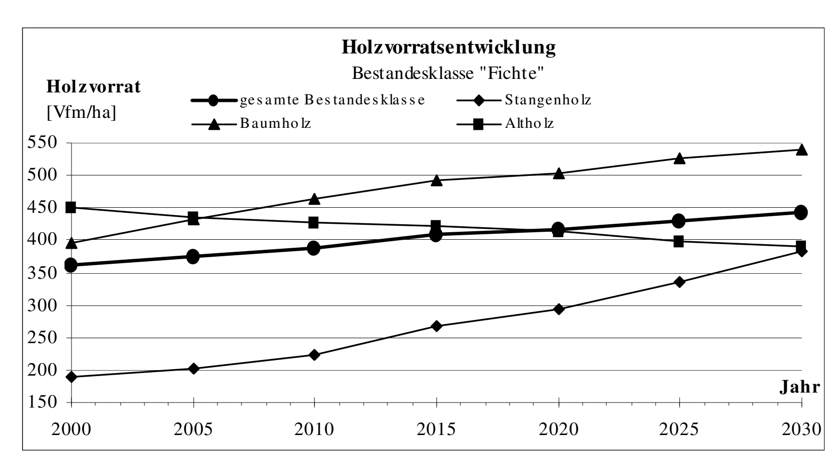
Die waldbaulichen Maßnahmen konzentrieren sich, soweit keine Verjüngung und keine Zielstärken vorhanden sind, auf niederdurchforstungsartige Eingriffe, die in eine Hiebsruhe übergehen. Dieses Behandlungsmodell trifft für die Subcluster 2a, 2b, 5a 5b und 5c zu (Tab. 25 und Tab. 26). Mit zunehmender Möglichkeit zur Zielstärkennutzung in sämtlichen Subclustern erhöht sich der Einschlag wieder. Die Nutzungen in der Wuchsklasse *„Altholz“* sind während des ersten Eingriffs trotz der gewählten Beschränkung auf 70 Vfm überdurchschnittlich hoch, sinken dann und pendeln sich über den weiteren Fortschreibungsverlauf ein.

***Abb. 77**: Einschlagsentwicklung für den Gesamtbetrieb in Efm/ha.*



Durch teilweise gegenläufige Entwicklungen in den einzelnen Wuchsklassen werden die Schwankungen teilweise ausgeglichen. Ist eine weitere Glättung der Hiebssatzentwicklung (Abb. 77) gewünscht, besteht insbesondere in der Wuchsklasse *„Stangenholz“* die Möglichkeit, ab 2015 früher aus der Phase der Hiebsruhe in stärkere Nutzungen überzugehen.

***Abb. 78**: Vorratsentwicklung in den nächsten 30 Jahren für die Bestandesklasse „Fichte“.*



Wuchsklasse	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Stangenholz	189	204	224	268	294	336	382
Baumholz	396	433	464	493	502	526	539
Altholz	450	436	427	422	414	399	389
ges. Bestandsklasse	**362**	**375**	**388**	**409**	**416**	**430**	**443**

Angaben in Vfm/ha

In der Abbildung 78 wird dargestellt, wie sich die gewählten Eingriffsfolgen auf den Vorrat pro Hektar des verbleibenden Bestandes auswirken. Es wird die Entwicklung nach Wuchsklassen getrennt und für alle Wuchsklassen gemeinsam abgebildet. Als Ergebnis der Hiebsruhe im „Stangenholz“ zeichnet sich eine erhebliche Vorratssteigerung ab. Der Vorrat wird sich von 190 Vfm/ha im Jahr 2000 auf 390 Vfm/ha im Jahr 2030 verdoppeln. Diese Entwicklung kann auch aus den Tabellen 25 und 26 anhand der Grundflächenentwicklung abgeleitet werden.

In der Wuchsklasse *„Baumholz“* ist bei der gewählten Bestandesbehandlung ebenfalls ein Vorratsanstieg zu verzeichnen. Der Vorrat steigt von 400 Vfm/ha auf deutlich über 500 Vfm/ha an. Aus den Tabellen 25 und 26 geht allerdings hervor, dass diese Vorratsakkumulation im Wesentlichen von Beständen getragen wird, für die noch keine Verjüngungsziele Vorrang zur Vorratsanreicherung haben. Die bereits verjüngten Bestände zeigen in der Grundflächenentwicklung einen deutlich anderen Verlauf. Die Entwicklung in Beständen der Befundeinheit *„Altholz“* zeigt, dass in diesen Beständen durch Zielstärkennutzung und Vorratspflege ein Vorratsabbau stattfindet. Die Vorratsreduktion ist allerdings so mäßig, dass noch nicht alle Verjüngungsziele erreicht werden können.[408]

Für alle Wuchsklassen ergibt sich aufgrund der Flächenanteile der einzelnen Wuchsklassen insgesamt ein Anstieg des Vorrates. Der mittlere Vorrat im Untersuchungsbetrieb steigt für

[408] S. a. Abschnitt 5.5.2.1, S. 222.

die Bestandesklasse „*Fichte*" in den nächsten 30 Jahren von 360 Vfm/ha auf 440 Vfm/ha an.[409]

5.5.1.3.2 Buchendominierte Bestände

In der Tabelle 28 werden die naturalen Ergebnisse, wie diese sich aus den gewählten Maßnahmenfolgen für die 30-jährige Fortschreibungsperiode ergeben, für die 14 typentypischen Buchen-Modellbestände gezeigt. Auf eine detaillierte Darstellung der Stammzahlentwicklung wird für die Buchenbestände verzichtet, da sich Produktionsmodelle für diese Baumart gewöhnlich an der Grundflächenentwicklung orientieren. Die in der Tabelle 28 mitgeteilte Grundflächenentwicklung bezieht sich auf die verbleibende Grundfläche nach dem Eingriff.

***Tab. 28**: Übersicht zur Eingriffsfolge nach Nutzungsart und Entnahmemenge sowie der korrespondierenden Grundflächenentwicklung im Verlauf der Wachstumssimulation für die buchendominierten Subcluster.*

Sub-cluster			**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
8 Stgh	**a**	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/47	Adf/35	Adf/29	Adf/46	Adf/22	k. M.	k. M.
		G nach Eingriff [m²]	20,1	19,6	20,2	19,6	20,0	23,1	26,0
9 Bmh	**a**	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	k. M.	Adf/29	Adf/21	Vltg/72	Adf/33	Nltg/128	ZN/63
		G nach Eingriff [m²]	25,8	26,3	27,7	25,6	26,2	20,6	19,6
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	k. M.	Adf/52	Adf/26	Adf/27	ZN/61	Vpf/55	ZN/72
		G nach Eingriff [m²]	21,1	20,0	20,0	20,3	18,6	17,5	15,7
	c	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	k. M.	Adf/24	Adf/27	Vltg/79	Adf/26	Nltg/133	ZN/59
		G nach Eingriff [m²]	25,9	27,1	28,2	25,4	26,0	19,8	18,2
	d V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/53	Adf/42	Adf/37	Adf/38	Adf/29	Adf/33	ZN/58
		G nach Eingriff [m²]	21,8	20,5	20,5	20,6	20,6	20,5	19,2
10 Alth	**a**	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/21	Adf/27	Adf/25	ZN/67	Vpf/50	ZN/59	ZN/35
		G nach Eingriff [m²]	19,8	19,9	20,6	19,0	17,8	16,4	16,2
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/34	Vpf/52	Vpf/39	ZN/54	ZN/49	ZN/44	ZN/45
		G nach Eingriff [m²]	19,6	18,9	18,5	17,3	16,5	15,7	14,8
	c	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	k. M.	Adf/27	Nltg/144	ZN/81	Vpf/31	ZN/46	Vpf/31
		G nach Eingriff [m²]	25,6	25,8	19,0	16,2	16,2	15,2	14,7
	d V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/39	Vpf/41	Vpf/42	ZN/75	ZN/64	ZN/79	ZN/61
		G nach Eingriff [m²]	20,2	19,4	19,1	16,4	15,6	12,9	11,2
11 Stgh	**a**	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/69	Adf/69	Adf/76	Adf/27	k. M.	Adf/27	k. M.
		G nach Eingriff [m²]	26,7	23,7	20,2	20,8	23,0	23,2	26,2
12 Bmh	**a**	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	k. M.	Adf/31	Vltg/63	Adf/27	Nltg/113	ZN/69	Vpf/30
		G nach Eingriff [m²]	25,6	26,4	25,3	26,1	20,6	18,8	18,6
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Adf/52	Adf/28	Adf/37	Adf/23	ZN/56	Vpf/30	ZN/55
		G nach Eingriff [m²]	20,6	20,4	20,1	20,4	19,1	18,7	17,4
13 Alth	**a**	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	Vltg/80	Adf/29	Nltg/110	Vpf/40	ZN/64	Vpf/31	ZN/46
		G nach Eingriff [m²]	24,7	24,8	20,4	20,1	16,9	16,0	14,8
	b V	Maßnahme/Masse [Vfm/ha]	ZN/69	Vpf/45	Vpf/32	ZN/56	ZN/49	Vpf/28	ZN/62
		G nach Eingriff [m²]	19,9	18,9	18,3	17,1	16,0	15,7	13,8

Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz
k. M.: keine Maßnahme; Adf: Auslesedurchforstung; Vltg: Vorlichtung; Nltg: Nachlichtung; Vpf: Vorratspflege; ZN: Zielstärkennutzung; V: Subcluster mit beschriebener Verjüngung.

[409] Vgl. hierzu u. a. BROSINGER (2001).

Als Einzelmaßnahmen in der Wuchsklasse *„Stangenholz“* werden überwiegend Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstungen simuliert, die als Lichtwuchsdurchforstung zur Absenkung auf die Zielgrundfläche von 20 m² geführt werden. Während der anschließenden Phase der Grundflächenzunahme sind häufig keine Maßnahmen oder Auslesedurchforstungen mit geringem Hiebsanfall geplant.[410]

Für die beiden übrigen Wuchsklassen *„Baumholz“* und *„Altholz“* werden neben Auslesedurchforstungen zwei aus dem Ablauf des Schirmschlages bekannte Stadien unterschieden. Die Vorlichtung und Nachlichtung wird dabei vorwiegend in noch nicht verjüngten Beständen geführt, die zu den Subclustern 9a, 9c, 12a und damit zur Wuchsklasse *„Baumholz“* gezählt werden. Für diese ist noch keine nennenswerte Verjüngung durch die Typenkriterienansprache beschrieben worden. Anschließend werden Zielstärkennutzungen und vorratspflegliche Eingriffe weitergeführt. Diese setzen überwiegend erst im 6. und 7. Eingriff ein. Ist in Beständen dieser Wuchsklasse hingegen schon Verjüngung etabliert, wird die Grundfläche durch Auslesedurchforstungen möglichst auf 20 m²/ha konstant gehalten und fließend zur Zielstärkennutzung übergegangen. Mit dem 5. Eingriff werden häufig die ersten Zielstärken in diesen Beständen geerntet.

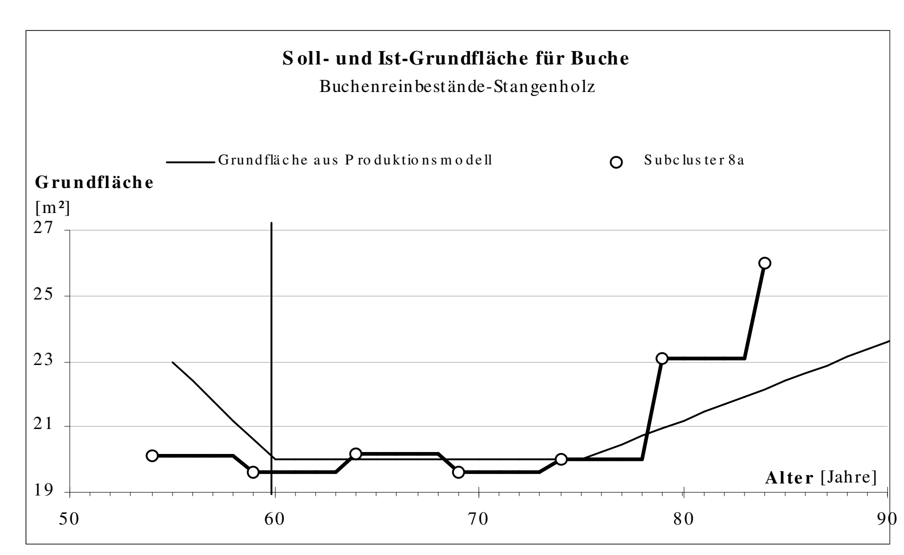
In Beständen, die bereits verjüngt sind und der Wuchsklasse *„Altholz“* zugerechnet werden, ist die Anzahl zielstarker Stämme jeweils so hoch, dass bereits mit dem 1. Eingriff eine Zielstärkennutzung simuliert wird. Für die Subcluster 10b, 10d und 13b sind jeweils Erntemengen zwischen 34 Vfm/ha und 69 Vfm/ha nutzbar. Die Grundfläche nach der Maßnahme liegt gewöhnlich bereits unter 20 m²/ha und wird durch folgende Vorratspflege und Zielstärkennutzung auf durchschnittlich 13 m²/ha zum Ende der Fortschreibungsperiode abgesenkt. Für die nicht verjüngten typentypischen Bestände der Subcluster 10a, 10c und 13a ist ein anderes Vorgehen modelliert worden. Liegt die Grundfläche in einem Bereich, der das Ankommen und die weitere Entwicklung von Naturverjüngung nicht negativ beeinträchtigt, werden weiterhin Auslesedurchforstungen durchgeführt. Bei Erreichen einer ausreichenden Anzahl an Zielstärken wird zur einzelstammweisen Nutzung nach Zieldurchmesser übergegangen.[411] Ist für eine weitere Entwicklung der Naturverjüngung eine Nachlichtung aufgrund der Grundflächenhöhe sinnvoll, wird diese durchgeführt.[412] Ist die Ausgangsgrundfläche hingegen wie bei Subcluster 13a derartig hoch, dass eine Vorlichtung für das Ankommen der Naturverjüngung notwendig wird, erfolgt diese. Schließlich erfolgt im übernächsten Eingriff eine Nachlichtung, die zur Zielgrundfläche von 20 m²/ha führt.

[410] Siehe hierzu beispielsweise in Tabelle 28 das Subcluster 11a, 6. Eingriff.
[411] Siehe hierzu beispielsweise in Tabelle 28 das Subcluster 10a.
[412] Siehe hierzu beispielsweise in Tabelle 28 das Subcluster 10c, 3. Eingriff.

5.5.1.3.2.1 Entwicklungen einzelner typentypischer Bestände

Als Ergebnis der clusteranalytischen Trennung der Buchenstangenhölzer sind zwei Subcluster ausgeschieden worden. Zum einen das Subcluster 8a als typentypische Zusammenfassung der Buchen-Reinbestände, zum anderen das Subcluster 11a als Typ *„Buchen-Fichten-Mischbestand"* der Wuchsklasse Stangenholz.[413] Das kalkulatorische Alter des typentypischen Bestandes aus Subcluster 8a ist 54 Jahre. Das betriebliche Produktionsmodell für die Buche sieht für Bestände dieses Alters eine Z-Baumauswahl und beginnende Lichtwuchsdurchforstungen vor. Der Vergleich der naturalen Kennzahlen des typentypischen Bestandes mit den Modellvorgaben[414] zeigt, dass die Spitzenhöhe des Typs mit einer h_{100} von rund 23 m leicht oberhalb des Wertes von 20–22 m liegt, der im Modell für die Spitzenhöhe h_{200} in diesem Alter vorgesehen ist. Der d_g liegt mit 17,6 cm sehr nah bei der Modellvorgabe von 17 cm. Die im Produktionsmodell vorgesehene Grundfläche von 23 m² ist geringer als die mit fast 25 m² vom typentypischen Bestand erreichte Grundfläche.

***Abb. 79**: Vergleich der Soll- und Ist-Grundfläche am Beispiel von Buchen-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Stangenholz".*



Für die Simulation könnte aus dieser guten naturalen Übereinstimmung zwischen Produktionsmodell und typentypischem Bestand eine möglichst enge Orientierung an den Behandlungsvorgaben des Produktionsmodells umgesetzt werden. Für das erste Jahrzehnt ist nach Auswahl von rund 110 Z-Bäumen eine Entnahme von 2,5 Bedrängern je Z-Baum vorgesehen. Als Ergebnis der Simulation sind in Tabelle 27 die Nutzungsmengen der Pflegemaßnahmen zu entnehmen. Beim ersten Eingriff ist eine Entnahme von 1,5 Bedrängern je Z-Baum simuliert worden. Die geringere Entnahmemasse beim zweiten Eingriff resultiert aus der Entnahme von noch jeweils einem Bedränger je Z-Baum. Mit rund 70 Efm/ha für beide Eingriffe zusammen wird der im Modell vorgegebene Wert von 80 Efm/ha etwas unterschritten.

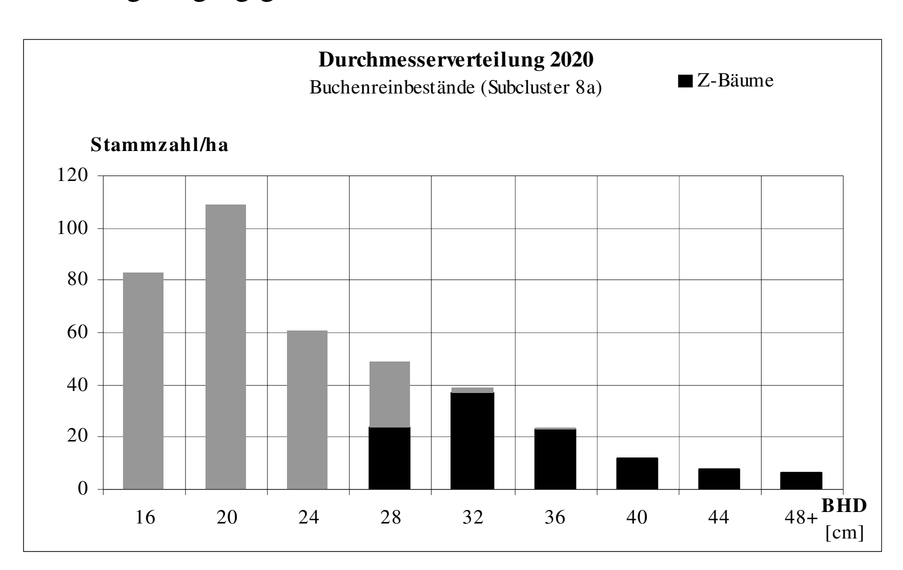
---

[413] S. a. Tabelle 28, S. 205.

[414] Siehe hierzu die Tabelle 20, S. 164, zusammen mit der Tabelle 23, S. 182.

Wie die Abbildung 79 zeigt, wird die Grundfläche durch die vollzogenen Maßnahmen auf 20 m²/ha abgesenkt. Für die folgenden drei Eingriffe kann das Produktionsmodell ebenfalls exakt umgesetzt werden. Durch diese weiteren Lichtwuchsdurchforstungen erreicht die Grundfläche im Alter von 74 Jahren weiterhin den Zielwert von 20 m²/ha (Abb. 79). Ein zu diesem Zeitpunkt erfolgter Vergleich der naturalen Kennzahlen mit den Angaben im Produktionsmodell zeigt immer noch eine gute Übereinstimung. Die Spitzenhöhe beträgt rund 27,5 m, der Durchmesser liegt mit rund 34 cm geringfügig oberhalb des Soll-Wertes.

***Abb. 80**: Durchmesserverteilung des Subclusters 8a im Alter von 74 Jahren im Jahr 2020.*



Vor der Entscheidung über die Maßnahmenplanung für das letzte Jahrzehnt und die beiden abschließenden Eingriffe während der 30-jährigen Simulationsperiode kann eine Darstellung der Durchmesserverteilung wie in der Abbildung 80 hilfreich sein. Das Produktionsmodell sieht weiterhin die Begünstigung der Z-Bäume vor und nennt Nutzungsmengen von rund 45 Efm/ha. Damit tendiert das betriebliche Modell bereits zu etwas stärkeren Eingriffen als dies noch bei ALTHERR (1981) vorgesehen ist. Dieser sieht ab einem Alter von ca. 80 Jahren ebenfalls schwächere Eingriffe und einen Übergang zur Hiebsruhe vor.

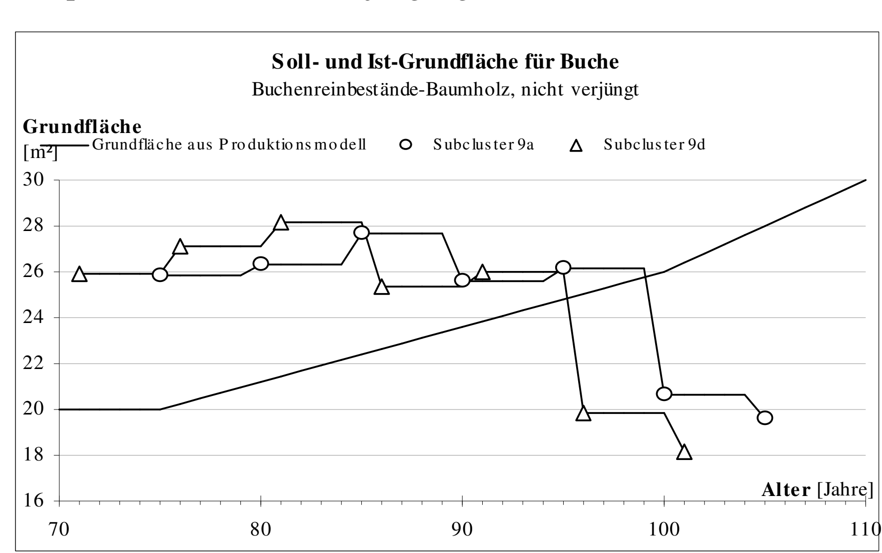
Für die weitere Simulation war allerdings noch ein zusätzlicher Aspekt zu berücksichtigen. Die konsequente Förderung der Z-Bäume führt zu der in der Abbildung 80 dargestellten Durchmesserverteilung, die deutlich zeigt, dass lediglich in der Durchmesserklasse von 26,0–(28)–29,9 ein nennenswerter Vorratsanteil zu finden ist, der nicht aus Z-Bäumen besteht. Die Gesamtstammzahl beträgt immer noch fast 400 Bäume, davon liegt aber, wie in der Abbildung 80 ersichtlich, ein erheblicher Anteil in unteren Durchmesserklassen. In diesen Zwischen- und Unterstand soll nicht eingegriffen werden, um dadurch dem Ziel *„keine Eingriffe in den Zwischenfeldern“*[415] gerecht zu werden.

[415] S. a. V. TEUFFEL (2002: *S. 851ff.*).

Für die beiden abschließenden Simulationen werden keine weiteren Maßnahmen geplant. Auch eine Entnahme des gesamten Bestockungsanteils der Durchmesserklasse von 26,0–(28)–29,9, der nicht aus Z-Bäumen besteht, erbrächte maximal eine Entnahmemasse von 15 Efm. Aus dieser Strategie ergibt sich dann die in der Abbildung 79 sichtbare Grundflächenentwicklung. Es zeigt sich dort, dass die tatsächliche Grundfläche nun oberhalb der Soll-Grundfläche liegt. Im Alter von 79 Jahren ist diese rund 2 m² größer als die Soll-Grundfläche. 5 Jahre später ist die Differenz auf rund 4 m² angestiegen. Unter Berücksichtigung des oben Gesagten und der Annahme, dass ein erheblicher Anteil der Differenz durch die stammzahlreichen Zwischenfelder verursacht wird, scheint diese Wahl der Referenzsimulation vertretbar. Alternative Simulationsverläufe ab dem Alter von 74 Jahren sowie verschiedene Simulationen zur zukünftigen Zielstärkennutzung in einem derartig behandelten Typ könnten weiteren Aufschluss über die längerfristigen Auswirkungen der gewählten Variante erbringen. Diese Fragestellung liegt außerhalb des thematischen Schwerpunktes dieser Arbeit. Weiterhin könnten ausgehend vom Lichtwuchsmodell nach ALTHERR Fragen zum Beginn der Durchforstung, der Zahl der Z-Bäume und der Zeitpunkt eines Übergangs zur Ernte nach Zieldurchmessern Gegenstand weitergehender Simulationen sein.[416]

In Abbildungen 81 und 82 wird die Grundflächenentwicklung für Buchen-Reinbestände der Wuchsklasse *„Baumholz“* (Subcluster 9) aufgezeigt. Die Darstellung ist so gewählt, dass in der Abbildung 81 die beiden Subcluster gezeigt sind, die bisher keine Verjüngung aufweisen. In der Abbildung 82 sind demgegenüber die beiden Subcluster wiedergegeben, für die im Rahmen der Typenkriterienansprache bereits Naturverjüngung beschrieben worden ist.

Abb. 81*: Vergleich der Soll- und Ist-Grundfläche am Beispiel von Buchen-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz“, die keine Verjüngung aufweisen.*



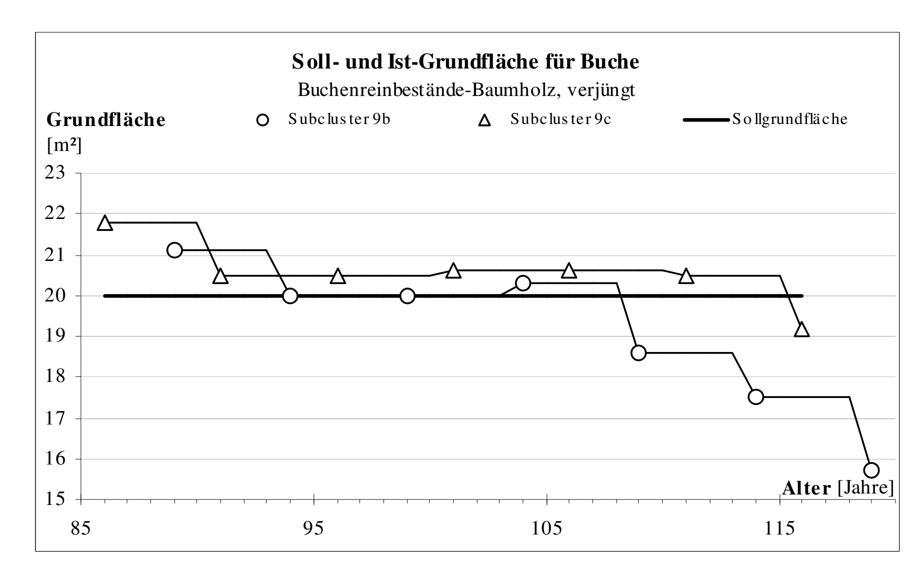
Die Abbildung 81 zeigt deutlich, dass die Buchenbestände im Untersuchungsbetrieb bisher nicht dem Produktionsmodell entsprechen. Das kalkulatorische Alter der die beiden Sub-

[416] S. a. KRONAUER (2002).

cluster repräsentierenden typentypischen Bestände ist 71 bzw. 75 Jahre. Die nach dem betrieblichen Produktionsmodell vorgesehene Grundfläche von 20 m² wird mit rund 26 m² deutlich überschritten. Auch nach Abzug von unterdrückten oder mitherrschenden Bäumen am unteren Ende der Durchmesserverteilung ist die Baumzahl im Herrschenden je ha zu hoch. Bei dieser Ausgangssituation ist die weitere Behandlung ein Kompromiss zwischen einer verspäteten Förderung der Z-Bäume und einer Inkaufnahme des Dichtschlusses. Die Abbildung 81 zeigt, dass sich die Ist-Grundfläche der Soll-Grundfläche im Zeitverlauf annähert. Allerdings ergibt über einen Zeitraum von 20 Jahren eine erhöhte Grundflächenhaltung, die zwangsläufig zu einer ungünstigeren Kronenentwicklung und damit zu Zuwachsverlusten bei den Z-Bäumen führt.

Der Abbildung 81 kann weiterhin entnommen werden, dass im Zuge der beiden letzten Eingriffe die tatsächliche Grundflächenentwicklung der im Produktionsmodell vorgesehenen Entwicklung entgegenläuft. Statt immer schwächerer Eingriffe und eines weiteren Grundflächenanstiegs auf Werte von 30 m² wurde in Abstimmung mit dem Beispielbetrieb eine andere Vorgehensweise entwickelt. Eine längere Hiebsruhe findet nicht statt, sondern ein kontinuierlicher Aufbau von Naturverjüngungsvorräten unter dem Altholzschirm wird unter Fortführung des Schirmschlagverfahrens beschleunigt. Damit ist für diese Typen die Naturverjüngung Ziel und nicht Folge der waldbaulichen Behandlung. Nach einer Nachlichtungs-maßnahme sind während des letzten Eingriffs erste Zieldurchmessernutzungen möglich. Durch die beiden letzten Maßnahmen wird eine Grundflächenhaltung von 20 m² erreicht.

***Abb. 82**: Darstellung der Soll- und Ist-Grundfläche am Beispiel von Buchen-Reinbestandstypen der Wuchsklasse „Baumholz“ mit bereits vorhandener Verjüngung.*

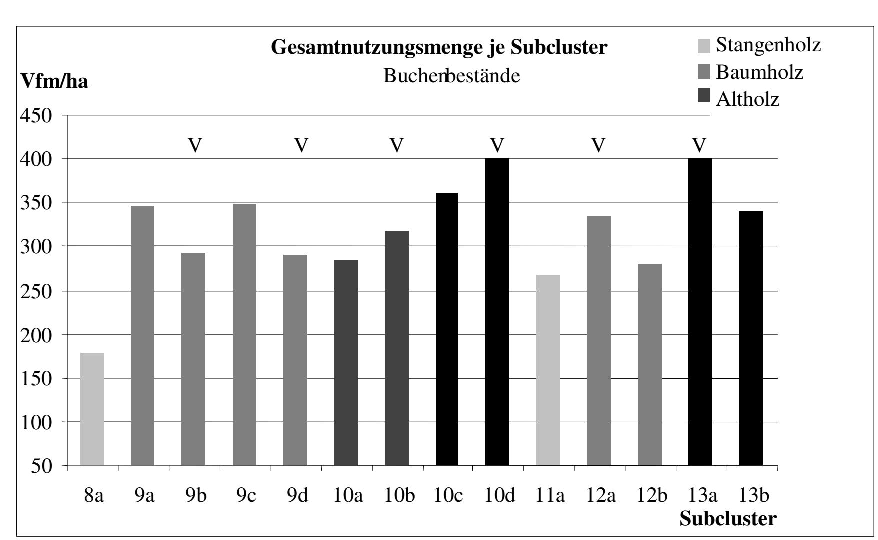


Wurde bei den Subclustern 9a und 9c erst während der 30-jährigen Simulationsperiode eine Verjüngung simuliert, weisen die beiden Subcluster 9b und 9d bereits zu Beginn der Simulation einen gesicherten Verjüngungsvorrat auf (Abb. 49, S. 158). Die Grundflächenentwicklung unter dieser Voraussetzung zeigt Abbildung 82. Die naturale Ausgangssituation zu Beginn der Simulation kann Tabelle 20, S. 164, entnommen werden. Die Maßnahmenplanung

sieht eine Grundflächenhaltung von rund 20 m² durch weitere Auslesedurchforstungen vor. Über die ersten vier Eingriffe hinweg, wird dieses Ziel erreicht. Die Entnahmemengen liegen zwischen 25 und 50 Vfm je Eingriff (Tab. 28, S. 205). Der Abbildung 82 kann entnommen werden, dass die zu einem früheren Zeitpunkt beginnende Zielstärkennutzung für das Subcluster 9b bereits mit dem fünften Eingriff zu einer deutlichen Grundflächenabsenkung führt. Über weitere Zielstärkennutzungen und vorratspflegliche Eingriffe wird eine Grundfläche zum Ende der Fortschreibungsperiode von deutlich unter 20 m² erreicht.

Eine Übersicht über die Gesamtnutzungsmenge je Subcluster enthält die Abbildung 83, in der zur Orientierung die während der Typenkriterienansprache als verjüngt angesprochenen Bestände besonders hervorgehoben sind.

***Abb. 83**: Nutzungsmengen je Subcluster während des gesamten Simulationszeitraums für Buchentypen.*



V: Bestände des Subclusters sind bei der Typenkriterienansprache als „verjüngt“ angesprochen worden.

1.1.1.1.1.1 Entwicklungen der Bestandesklasse

Die beschriebenen Einzelmaßnahmen führen in der Abfolge zu der in der Abbildung 85 dargestellten Entwicklung des Einschlages in den nächsten 30 Jahren.

***Abb. 84**: Einschlagsentwicklung in den nächsten 30 Jahren für die Bestandesklasse „Buche“.*

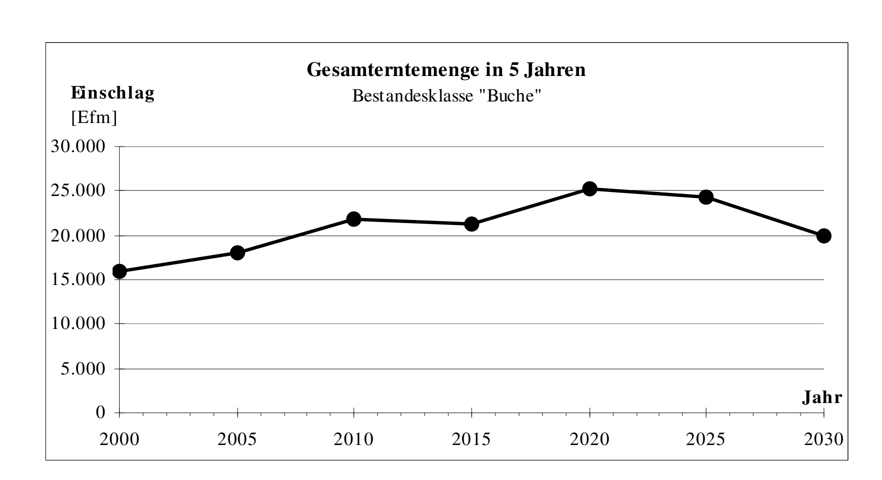
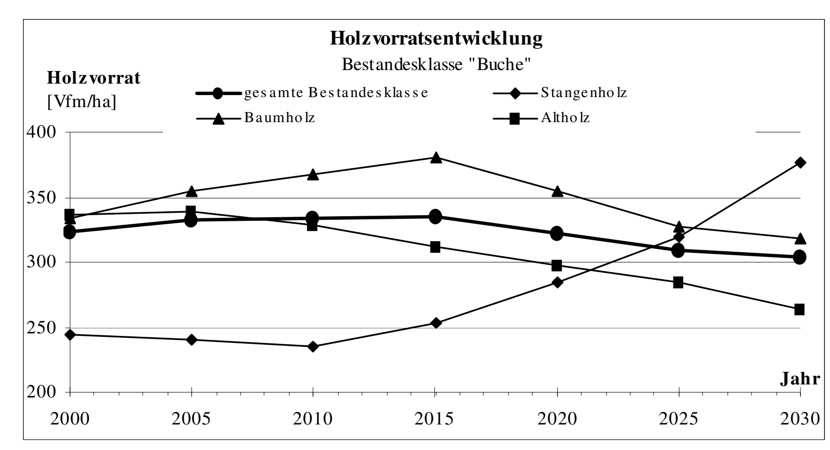


Abb. 85: Vorratsentwicklung in den nächsten 30 Jahren für die Bestandesklasse „Buche“.



Wuchsklasse	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Stangenholz	244	240	235	253	285	319	376
Baumholz	334	354	367	380	354	328	318
Altholz	337	339	329	312	298	285	264
ges. Bestandsklasse	**323**	**332**	**334**	**335**	**322**	**309**	**304**

Angaben in Vfm/ha

Die Abbildung 85 zeigt die aufgrund der Hiebssätze zu erwartende Entwicklung für den Vorrat pro Hektar des verbleibenden Bestandes.[417] Für Buchenstangenhölzer ist der Abbildung 85 zu entnehmen, dass der Vorrat für 3 Perioden zunächst bei etwa 240 Vfm verbleibt und dann durch vorsichtige Eingriffe auf 380 Vfm/ha ansteigt. Für die Wuchsklasse *„Baumholz“* gilt die Annahme, dass bis zum Jahr 2015 der Vorrat auf einen Wert von rund 400 Vfm/ha kontinuierlich ansteigt und mit einsetzender Zielstärkennutzung um rund 100 Vfm/ha zum Ende der Fortschreibungsperiode absinkt. Für Buchenalthölzer zeigt sich ein stetiger Vorratsabbau von gegenwärtig 340 Vfm/ha auf rund 260 Vfm/ha im Jahr 2030. Für die gesamte Betriebsklasse wird der Hektarvorrat fast konstant bleiben.

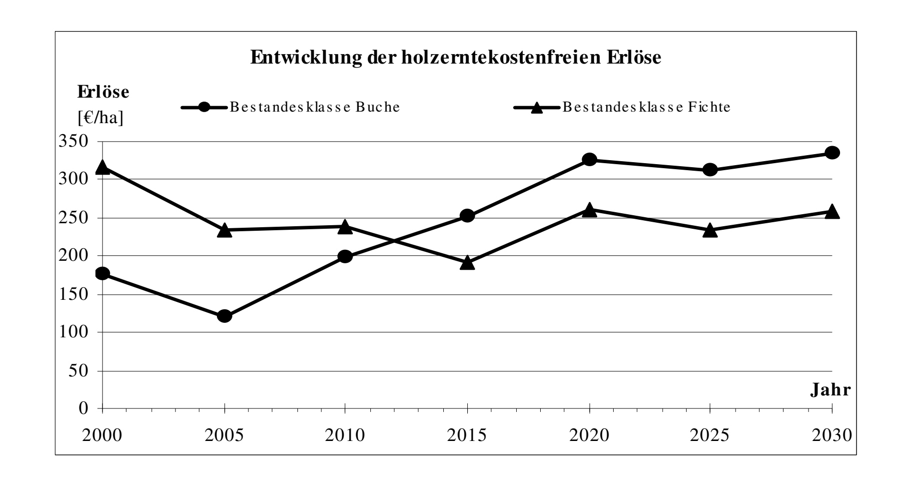
5.5.1.4 Ökonomische Bewertung der Referenzvariante

5.5.1.4.1 Ökonomische Kennziffer

Der Abbildung 86 kann die Entwicklung der holzerntekostenfreien Erlöse in €/ha für jeweils alle Fichten- und Buchentypen zusammen entnommen werden. Bezugsbasis ist die summierte Gesamtfläche für die Wuchsklassen *„Stangenholz“*, *„Baumholz“* und *„Altholz“*. Für Fichte beträgt die Flächengröße 3.194 ha, für Buche 461 ha. Einflussgrößen für die dargestellte Entwicklung sind zum einen die Höhe des Hiebssatzes und zum anderen die Sortimentsverteilung und Güte der eingeschlagenen Holzmenge.

[417] Es ist zu beachten, dass bei der Erstellung der typentypischen Bestände nur Bäume des Strukturtyps *„Oberstand“* berücksichtigt worden sind und sich die genannten Vorratswerte nur auf den Oberstand beziehen.

Abb. 86: Übersicht über die holzerntekostenfreien Erlöse in €/ha.



Die Entwicklung bei der Fichte zeigt eine deutliche Schwankungsbreite für die ausgewählte Kennziffer gegenüber der Entwicklung bei der Buche. Der Abschwung von 2000 zu 2005 ist durch einen geringeren Hiebssatz zu begründen. Die weitere Entwicklung ist eng an die Struktur des Hiebssatzes (Abb. 76) angelehnt.

Für die Buche zeigt sich von 2000 bis 2005 zunächst eine kurzfristige Abwärtsbewegung (Abb. 86). Diese ist durch die nennenswerten Zielstärkennutzungen im Altholz im Jahr 2000 begründet. Bis zum Jahr 2020 steigt der holzerntekostenfreie Erlös kontinuierlich an. Die Größenordnung des Anstieges kann nicht vollständig durch zunehmende Hiebssätze (Abb. 84) erklärt werden. Vielmehr werden in diesen Perioden zunehmend qualitativ hochwertige Zielstärken genutzt, deren Nutzungen ab 2020 für die folgenden 10 Jahre auf hohem Niveau verbleiben und somit zu holzerntekostenfreien Erlösen bei der Buche von rund 300,- €/ha und Jahr führen.

In den Abbildungen 87 und 88 ist der Wert des verbleibenden Vorrates bewertet worden. Die Entwicklung über alle Wuchsklassen zeigt bei der Fichte ebenso wie bei der Buche eine insgesamt ansteigende Tendenz. Die gewählte Referenzvariante erhält nicht nur das Vermögen im Untersuchungsbetrieb, vielmehr wird das im Holzvorrat gebundene Vermögen erhöht.

Abb. 87: Entwicklung der monetären Vorratswerte für fichtendominierte Subcluster.

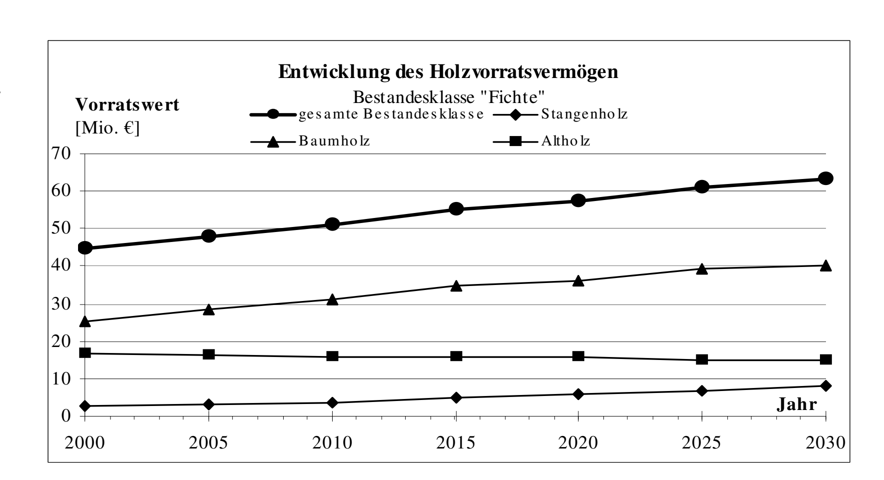
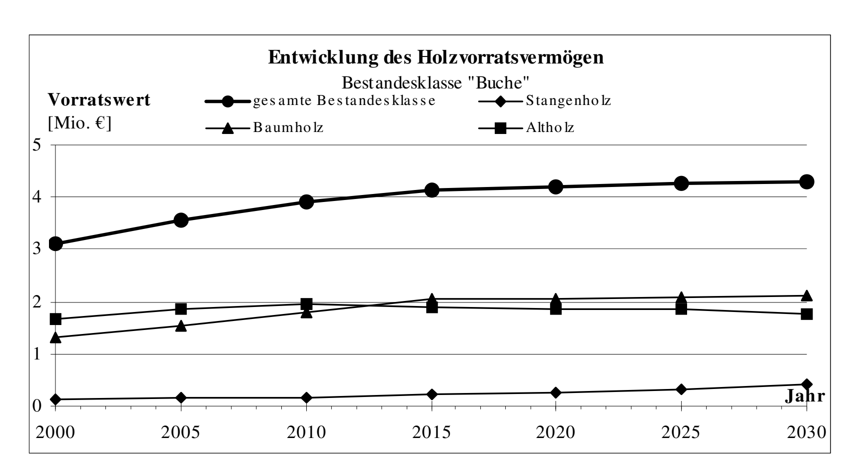
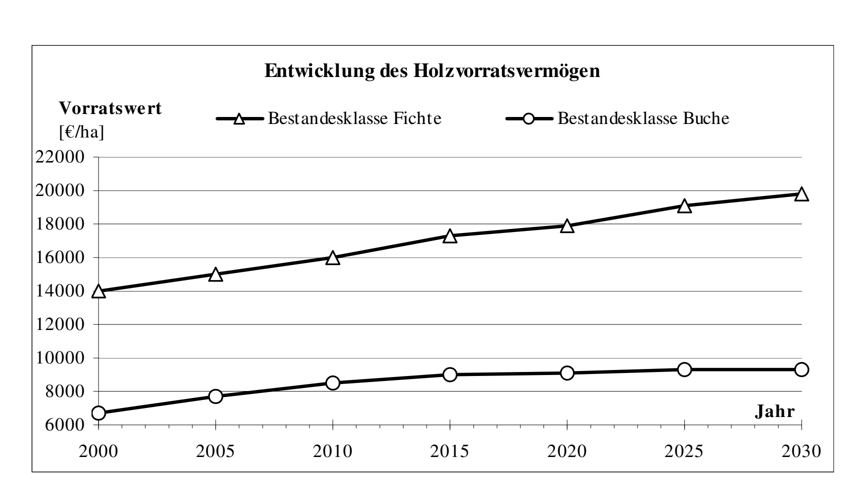


Abb. 88: Entwicklung der monetären Vorratswerte für buchendominierte Subcluster.



In der Abbildung Abb. 89 wird die Entwicklung des Holzvorratsvermögens pro ha dargestellt. Für die Bestandesklasse *„Fichte"* ergibt sich zu Beginn der Simulation ein Vorratswert von rund 14.000 €/ha. Dieser Wert steigt über die gesamte Fortschreibungsperiode kontinuierlich auf knapp 20.000 €/ha an. Für die 30-jährige Planungsperiode ergibt sich demzufolge eine Zunahme des durchschnittlichen Holzvorratsvermögens pro ha von 6.000 € oder rund 40 %. Für die Bestandesklasse *„Buche"* ist auf deutlich geringerem Niveau eine vergleichbare Zunahme festzustellen. Während der Simulation steigt das Holzvorratsvermögen von knapp 7.000 € auf rund 9.500 € an.

Abb. 89: Entwicklung des Holzvorratsvermögens/ha je Bestandesklasse.



5.5.1.5 Ergebnisse der Investitionsrechnungen zur Referenzvariante

5.5.1.5.1 Wertzuwachsprozente und interne Zinssätze

Nach der in Abschnitt 4.6.1.5[418] vorgestellten Gleichung [16] sind für die 27 Subcluster mit dominierender Fichte und die 14 Subcluster mit dominierender Buche die periodischen Wertzuwächse berechnet worden. In den Tabellen 29 bis 31 werden für die einzelnen Subcluster die Wertzuwächse in 5-jährigen Simulationsperioden dargestellt. Zusätzlich ist in den Tabellen jeweils auch der interne Zinssatz für die gesamte Planungsperiode von 2000 bis 2030 aufgeführt.

[418] Siehe hierzu S. 111.

***Tab. 29**: Übersicht über die Wertzuwächse und die interne Verzinsung für Fichten-Reinbestände.*

Sub-cluster			2000 d_g[1]	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2000 bis 2030
1 Stgl	a	Wertzuwachs [%]	19,2	3,82	5,45	4,80	3,30	3,74	3,70	
		Interner Zinssatz [%]								3,98
	b	Wertzuwachs [%]	16,7	6,39	7,56	6,57	5,32	5,80	4,07	
		Interner Zinssatz [%]								5,74
2 Bmh	a	Wertzuwachs [%]	31,5	2,99	2,24	2,06	2,13	2,27	2,07	
		Interner Zinssatz [%]								2,22
	b	Wertzuwachs [%]	35,7	2,43	2,25	2,12	1,97	2,06	1,75	
		Interner Zinssatz [%]								2,03
	c	Wertzuwachs [%]	30,6	2,74	2,44	2,68	2,28	2,20	1,85	
		Interner Zinssatz [%]								2,29
	d	Wertzuwachs [%]	35,7	2,58	2,07	2,47	2,50	1,77	2,03	
		Interner Zinssatz [%]								2,17
3 Alth	a	Wertzuwachs [%]	55,6	1,55	1,43	1,52	1,25	1,40	1,55	
		Interner Zinssatz [%]								1,38
	b	Wertzuwachs [%]	52,1	1,55	1,72	1,95	1,49	1,77	1,75	
		Interner Zinssatz [%]								1,59
	c	Wertzuwachs [%]	39,8	2,01	1,85	1,55	1,72	2,03	1,61	
		Interner Zinssatz [%]								1,71
	d	Wertzuwachs [%]	40,5	1,94	1,67	2,03	1,80	1,53	1,66	
		Interner Zinssatz [%]								1,70
	e	Wertzuwachs [%]	37,6	2,02	2,11	2,42	2,55	1,95	2,21	
		Interner Zinssatz [%]								2,09
	f	Wertzuwachs [%]	45,0	1,45	1,91	1,39	1,70	1,49	1,68	
		Interner Zinssatz [%]								1,53
	g	Wertzuwachs [%]	46,8	1,80	1,73	1,38	2,05	1,18	1,55	
		Interner Zinssatz [%]								1,56

Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz

[1] *Durchmesser des Grundflächenmittelstammes in cm. Weitere naturale Kenngrößen s. a Tabelle 18, S. 162.*

Für die typentypischen Bestände der Subcluster 1a und 1b (Tab. 29) zeigen sich erwartungsgemäß die höchsten periodischen Wertzuwächse. Für beide Bestände ist festzustellen, dass der Wertzuwachs in der Periode von 2005 bis 2010 kulminiert. Mit zunehmendem BHD sinkt der Wertzuwachs anschließend ab. Ein Vergleich der hier berechneten Wertzuwächse mit den von KNOKE (1998*: S. 72*) mitgeteilten Wertzuwächsen zeigt in der Größenordnung eine plausible Übereinstimmung. Für einen BHD von 25 cm nennt KNOKE (1998) beispielsweise einen Wertzuwachs von ca. 4,7 %. Für das Subcluster 1a wird dieser Wert in der Periode von 2010 bis 2015 erreicht. Der d_g beträgt zu diesem Zeitpunkt 22,5 cm. Bei einem d_g von 25 cm liegt der Wertzuwachs später knapp unter 4 %. Der deutlich höhere Wertzuwachs für das Subcluster 1b erklärt sich dadurch, dass der d_g zu Beginn der Simulation mit 17 cm deutlich geringer ist, damit ist auch das Verhältnis Zuwachs zu vorhandenem Vorrat günstiger.

Alle Fichten-Reinbestände der Wuchsklasse *„Baumholz"* (Subcluster 2a bis 2d) zeigen über die gesamte Simulationsperiode Wertzuwächse von mindestens 1,75 % (Subcluster 2b von

2025 bis 2030) bis zu maximalen Wertzuwächsen von knapp 3 % (Subcluster 2a von 2000 bis 2005). Die internen Zinssätze als Maß für die Rendite des durchschnittlich gebundenen Kapitals für die 30-jährige Planungsperiode liegen je nach Subcluster zwischen 2,03 % und 2,29 %. Die Fichten-Reinbestände der Wuchsklasse *„Altholz"* erreichen nur noch im Ausnahmefall periodische Wertzuwächse von mehr als 2 %. Die Wertzuwächse liegen in einer Größenordnung von 1,18 % bis 2,55 %. Auch diese Ergebnisse werden von KNOKE (1998: *S. 71*) bestätigt: *„(...) ein Wertzuwachsprozent von 1 % wird jedoch noch von Bäumen mit einem BHD von 100 cm erreicht."* Die Ergebnisse zur Wertzuwachsberechnung für die Fichten-Mischbestandscluster sind in der Tabelle 30 zusammengestellt.

Tab. 30*: Übersicht über die Wertzuwächse und die interne Verzinsung für Fichten-Mischbestände.*

Subcluster			2000 d_g[1]	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2000 bis 2030
4 Stgh	a	Wertzuwachs [%]	19,2	5,25	5,42	4,06	4,20	3,73	2,89	
		Interner Zinssatz [%]								4,12
	b	Wertzuwachs [%]	20,3	4,95	3,14	3,58	3,14	2,67	2,56	
		Interner Zinssatz [%]								3,22
5 Bmh	a	Wertzuwachs [%]	30,1	3,28	2,20	2,16	1,97	2,28	2,13	
		Interner Zinssatz [%]								2,26
	b	Wertzuwachs [%]	35,1	2,52	2,28	2,05	1,87	1,74	1,72	
		Interner Zinssatz [%]								2,00
	c	Wertzuwachs [%]	31,0	3,18	3,66	2,88	2,53	2,21	2,35	
		Interner Zinssatz [%]								2,72
	d	Wertzuwachs [%]	32,6	2,16	2,44	1,80	1,80	1,62	1,51	
		Interner Zinssatz [%]								1,84
	e	Wertzuwachs [%]	39,8	1,71	2,25	1,99	1,77	2,37	1,81	
		Interner Zinssatz [%]								1,89
6 Alth	a	Wertzuwachs [%]	48,9	1,60	1,84	1,85	1,98	1,49	1,68	
		Interner Zinssatz [%]								1,65
	b	Wertzuwachs [%]	50,8	1,93	1,87	1,80	2,32	2,07	1,69	
		Interner Zinssatz [%]								1,83
	c	Wertzuwachs [%]	39,3	2,28	2,09	2,54	2,19	2,32	2,96	
		Interner Zinssatz [%]								2,24
	d	Wertzuwachs [%]	42,7	1,45	2,04	1,38	1,66	1,52	1,47	
		Interner Zinssatz [%]								1,52
	e	Wertzuwachs [%]	42,1	1,81	1,62	1,97	1,98	1,32	1,59	
		Interner Zinssatz [%]								1,65
	f	Wertzuwachs [%]	48,6	1,53	1,75	1,37	1,49	1,23	1,69	
		Interner Zinssatz [%]								1,45
7 Alth	a	Wertzuwachs [%]	46,5	1,18	1,56	1,27	1,38	1,21	1,50	
		Interner Zinssatz [%]								1,28

Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz
[1] Durchmesser des Grundflächenmittelstammes in cm. Weitere naturale Kenngrößen s. a Tabelle 18, S. 162.

Für die Buche sind die Ergebnisse der Wertzuwachsuntersuchung in Tabelle 31 dargestellt. Analog zur Fichte werden die höchsten Wertzuwächse für Buchenbestände der Wuchsklasse *„Stangenholz"* erreicht. Unabhängig davon, ob der typentypische Bestand einen Reinbestand (Subcluster 8a) repräsentiert oder aber wie für Subcluster 11a die Fichte als Mischbaumart

vorhanden ist, werden Wertzuwächse in der Größenordnung von 3,84 % (Subcluster 11a von 2020 bis 2025) bis 5,48 % (Subcluster 8a von 2010 bis 2015) erreicht. Für die beiden anderen Wuchsklassen zeigen sich im Vergleich zur Fichte deutliche Unterschiede. Die Wertzuwächse der Buche in der Wuchsklasse *„Baumholz"* und *„Altholz"* sind deutlich höher als bei der Fichte. Diesem – im Vergleich zur Fichte – höheren Wertzuwachs steht aufgrund der geringeren Vorratswerte der Buche ein niedrigerer absoluter Wertzuwachs gegenüber, der sich in einem geringeren Wertzugang an Reinvermögen widerspiegelt. Bereits NEFT (1990) hat für Buchenbestände im Spessart noch einen laufenden Wertzuwachs von rund 3 % im Alter von 160 bis 170 Jahren errechnet.

Tab. 31*: Übersicht über die Wertzuwächse und die interne Verzinsung für Buchenbestände.*

Subcluster			2000 d_g[1]	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2000 bis 2030
8 Stgh	a	Wertzuwachs [%]	17,6	4,44	4,61	5,48	4,37	5,27	5,71	
		Interner Zinssatz [%]								4,73
9 Bmh	a	Wertzuwachs [%]	27,9	5,14	5,23	4,34	5,26	4,19	3,97	
		Interner Zinssatz [%]								4,55
	b	Wertzuwachs [%]	34,9	5,27	3,34	4,05	3,38	4,49	3,78	
		Interner Zinssatz [%]								3,92
	c	Wertzuwachs [%]	25,6	4,47	4,44	3,95	3,62	3,66	3,39	
		Interner Zinssatz [%]								3,83
	d	Wertzuwachs [%]	33,1	3,31	4,86	5,28	3,76	3,82	3,65	
		Interner Zinssatz [%]								3,94
10 Alth	a	Wertzuwachs [%]	36,2	4,08	4,12	3,77	2,90	3,54	3,30	
		Interner Zinssatz [%]								3,53
	b	Wertzuwachs [%]	38,9	5,29	4,49	3,41	3,94	3,22	3,52	
		Interner Zinssatz [%]								3,91
	c	Wertzuwachs [%]	33,5	3,51	3,24	3,16	4,46	2,87	2,99	
		Interner Zinssatz [%]								3,22
	d	Wertzuwachs [%]	40,5	3,69	4,29	3,81	3,68	3,25	3,72	
		Interner Zinssatz [%]								3,59
11 Stgh	a	Wertzuwachs [%]	18,9	4,60	4,41	5,17	4,08	3,84	4,97	
		Interner Zinssatz [%]								4,28
12 Bmh	a	Wertzuwachs [%]	28,1	4,30	4,38	3,90	2,79	3,60	3,50	
		Interner Zinssatz [%]								3,65
	b	Wertzuwachs [%]	32,4	3,61	4,26	3,02	3,16	2,95	2,82	
		Interner Zinssatz [%]								3,22
13 Alth	a	Wertzuwachs [%]	34,3	2,86	2,68	3,80	2,54	2,04	2,69	
		Interner Zinssatz [%]								2,65
	b	Wertzuwachs [%]	41,1	3,56	2,69	3,13	3,24	2,62	2,26	
		Interner Zinssatz [%]								2,82

Stgh = Stangenholz; Bmh = Baumholz; Alth = Altholz
[1] Durchmesser des Grundflächenmittelstammes in cm. Weitere naturale Kenngrößen s. a Tabelle 20, S. 164.

Für den Untersuchungsbetrieb werden in der Wuchsklasse *„Baumholz"* Wertzuwächse für Buchen-Reinbestände in einer Spannweite von 3,31 % (Subcluster 9d von 2005 bis 2010) bis 5,27 % (Subcluster 9b von 2000 bis 2005) erzielt. Für Buchen-Mischbestände derselben Wuchsklasse (Subcluster 12a und 12b) sind insgesamt geringe Wertzuwächse festzustellen.

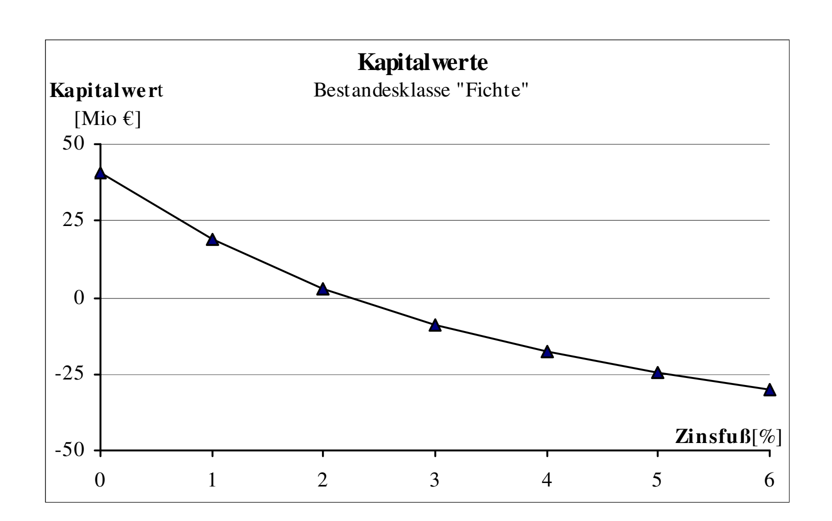
Der gleiche Zusammenhang zeigt sich auch bei den internen Zinssätzen. Der höchste interne Zinssatz für Buchen-Reinbestände der Wuchsklasse *„Baumholz“* beträgt 4,55 % (Subcluster 9a). Demgegenüber ist die höchste interne Verzinsung bei einem Buchen-Mischbestands-subcluster derselben Wuchsklasse nur 3,65 % (Subcluster 12a). Ursache für diese Unterschiede ist der Mischungsanteil der Fichte, der für Subcluster 9a 5 % und für Subcluster 12a 20 % beträgt. Der gleiche Abfall der internen Zinssätze zwischen Buchen-Reinbeständen und Buchen-Mischbeständen zeigt sich für die Wuchsklasse *„Altholz“*.

5.5.1.5.2 Betriebliche Gesamtsicht

In diesem Abschnitt wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der Zeitpunkt der Nutzungen und damit die finanzwirksamen Investitionsrückflüsse angesichts einer 30-jährigen Betrachtungsperiode einen wichtigen Einfluss bei der Beurteilung der Simulationsergebnisse besitzt. Zusätzlich zu den Liquiditätskennzahlen – diese sind exemplarisch im Abschnitt 5.5.1.4[419] dargestellt – werden für eine Gesamtbilanz nachfolgend die periodischen Betriebsergebnisse der Referenzvariante zu investitionstheoretischen Kennzahlen verdichtet.

Die Abbildungen 90 und 91 zeigen zunächst die für die Fichten- und Buchenbestandesklasse errechneten Kapitalwerte bei unterschiedlichen Kalkulationszinssätzen. Bei der Berechnung des Kapitalwertes für die Simulationsergebnisse der Referenzvariante wird als Anfangsauszahlung die Summe der Abtriebswert aller typentypischen Bestände im Jahr 2000 angenommen. Die in den einzelnen Simulationsperioden anfallenden finanziellen Rückflüsse aus der geplanten Nutzung sowie der sich im Jahr 2030 darstellende Abtriebswert werden jeweils mit Kalkulationszinssätzen von 0 % bis 6 % auf das Jahr 2000 diskontiert.

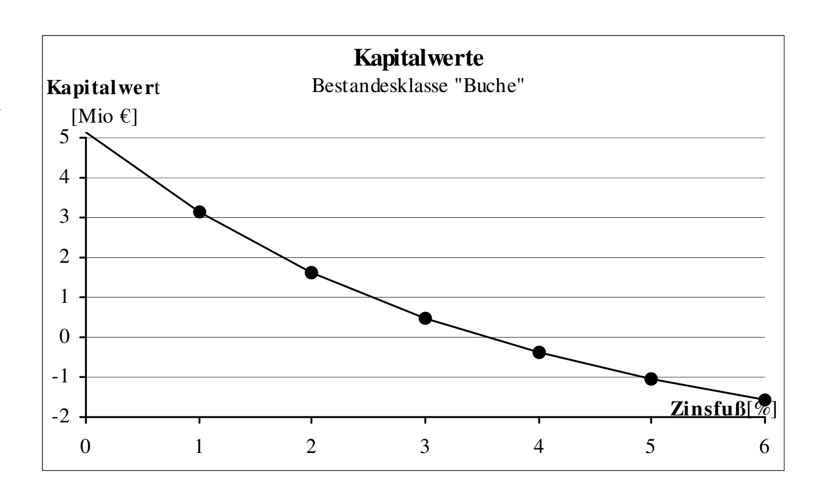
***Abb. 90**: Kapitalwerte in € für die Fichtencluster bei Zinssätzen von 0 % bis 6 % unter Annahme der Referenzvariante.*



---

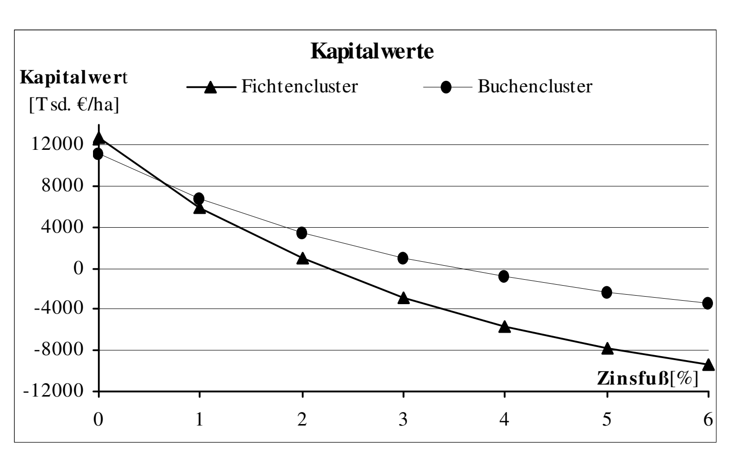
[419] Siehe hierzu S. 212.

Abb. 91: Kapitalwerte in € für die Buchencluster bei Zinssätzen von 0 % bis 6 % unter Annahme der Referenzvariante.



Bei einem Kalkulationszins von 0 % errechnet sich für die Fichtencluster ein Kapitalwert von rund 40,9 Millionen €. Mit steigendem Kalkulationszins verläuft die Kapitalwertfunktion monoton fallend. Aus der Abbildung 90 ist zu erkennen, dass der Kapitalwert zwischen einem Kalkulationszins von 2 % und 3 % die X-Achse schneidet und in den negativen Bereich absinkt. Definitionsgemäß ist der interne Zinssatz genau dort, wo der Kapitalwert den Wert 0 erreicht. Eine genaue Berechnung liefert den exakten Wert des internen Zinssatzes. Dieser beträgt für die Fichtenbestandesklasse 2,2 %. Für die Buchencluster wird unter Annahme eines Kalkulationszinses von 0 % ein Kapitalwert von 5,1 Millionen € berechnet. Ein Vorzeichenwechsel der Kapitalwertfunktion ist zwischen 3 % und 4 % festzustellen (Abb. 91). Die Berechnung des internen Zinssatzes ergibt für die Buchenbestandesklasse einen Wert von 3,5 %. Einen Vergleich der Kapitalwerte pro ha zwischen der Bestandesklasse *„Fichte"* und *„Buche"* enthält die Abbildung 92.

Abb. 92: Kapitalwerte/ha für die Bestandesklasse „Fichte" und „Buche".



Der Vermögensendwert ist eine weitere investitionstheoretische Kennzahl und bereits in Abschnitt 4.6.1.3[420] vorgestellt worden. Die Abbildungen 93 und 94 enthalten die Übersicht über die Vermögensendwerte[421] unter Annahme des Kontenausgleichsverbotes. Die graphische

[420] Siehe hierzu S. 108.
[421] Eine Berücksichtigung eventuell vorhandener Naturverjüngung findet bei der Berechnung der Vermögensendwerte nicht statt.

Darstellung der Vermögensendwerte erfolgt für unterschiedliche Annahmen über die Höhe des Sollzinssatzes, der hier in der Größenordnung von 0 % und 4 % angesetzt wird.

***Abb. 93**: Vermögensendwert in € für die Fichtencluster bei Sollzinssätzen von 0 % bis 4 % und Habenzinssätzen von 0 % bis 6 % unter Annahme der Referenzvariante.*

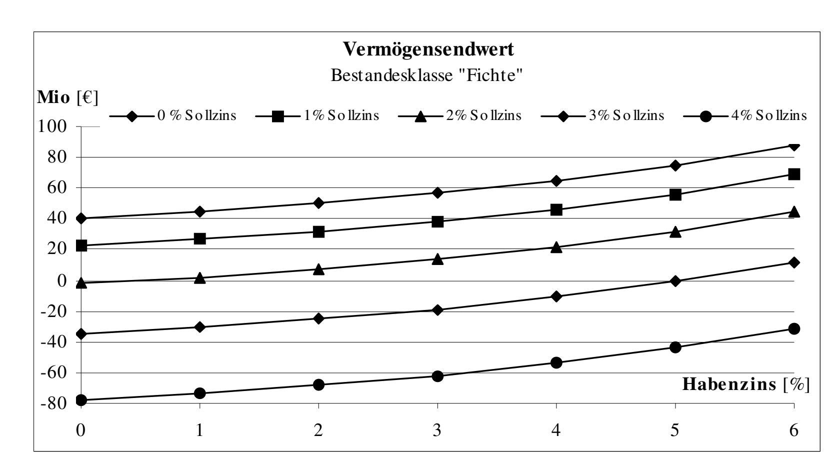
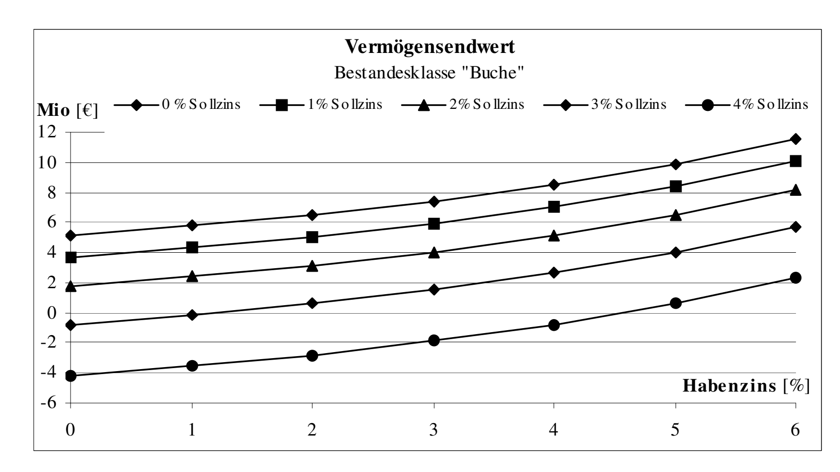


***Abb. 94**: Vermögensendwert in € für die Buchencluster bei Sollzinssätzen von 0 % bis 4 % und Habenzinssätzen von 0 % bis 6 % unter Annahme der Referenzvariante.*



Werden keine Kapitalkosten angenommen (Sollzinssatz=0) und der Habenzins ebenfalls mit 0 % angesetzt, ergibt sich für die Fichten ein Vermögensendwert von 40,9 Millionen €. Dieser Wert ist bereits bei der Berechnung des Kapitalwertes (Abb. 90) genannt worden. Gegenüber dem Kapitalwert werden die Zahlungen beim Vermögensendwert auf das Ende der Planungsperiode aufgezinst, demzufolge steigt der Vermögendsendwert bei ebenfalls steigenden Habenzinsen an.

Unter der Annahme, dass der Investor weiterhin keine Kapitalkosten auf das gebundene Holzvorratskapital kalkuliert, die Finanzmittel aus den Nutzungen allerdings zu einem Habenzins von 6 % anlegen kann, ergibt sich ein Vermögensendwert im Jahr 2030 von 87,4 Millionen €.
Werden hingegen Sollzinsen von 2 % kalkuliert und die Rückflüsse aus der Investition nicht verzinslich angelegt (Habenzins=0 %) ergibt sich ein Vermögensendwert von -2,0 Millionen €. Bei steigendem Habenzins steigt der Vermögensendwert hingegen an und erreicht positive Werte. Beispielsweise liegt der Vermögensendwert bei einem Habenzins von 3 % bereits bei

13,8 Millionen €. Für den gleichen Habenzins und einen Sollzinssatz von ebenfalls 3 % beträgt der Vermögensendwert hingegen -18,8 Millionen €. Das bedeutet: Bei einem Habenzins von 3 % findet ein Vorzeichenwechsel statt. Bei Sollzinsen von 2 % ist der Vermögensendwert noch positiv, bei Sollzinsen von 3 % aber schon im negativen Bereich.

Der Sollzinssatz, für den der Vermögensendwert gerade den Wert 0 erreicht, wird als kritischer Zinssatz[422] bezeichnet. Die Berechnung erfolgt nach der in Abschnitt 4.6.1.4[423] beschriebenen Methode. Für das oben genannte Beispiel beträgt der kritische Zinssatz genau 2,44 %. Die weiteren Ergebnisse zum BALDWIN-Verzinsungssatz können der Tabelle 32 entnommen werden.

Die Vermögensendwerte für die von Buche dominierten Subcluster können der Abbildung 94 entnommen werden. Bereits in dieser Abbildung als auch in der Tabelle 32 zeigt sich, dass die kritischen Sollzinssätze für die Buche über denen der Fichte liegen. Weitere Ergebniskennzahlen zur Investitionsrechnung finden sich im Abschnitt 5.5.2.1.1.[424]

***Tab. 32**: Übersicht über die berechneten kritischen Sollzinssätze bei Habenzinssätzen von 0 % bis 6 %.*

Habenzins [%]	kritischer Sollzinssatz [%]	
	Fichte	Buche
0	1,93	2,70
1	2,07	2,92
2	2,24	3,17
3	2,44	3,45
4	2,67	3,79
5	2,95	4,17
6	3,28	4,60

[422] Gleichbedeutend auch als Realzins oder Baldwin-Verzinsungssatz bezeichnet.
[423] Siehe hierzu S. 110.
[424] Siehe hierzu S. 225.

5.5.2 Alternative Szenarien zur Referenzentwicklung

In Abweichung zur Referenzvariante werden im Folgenden für ausgewählte Fragestellungen alternative Szenarien simuliert. Die Beispiele können allerdings nur einen kleinen Teil der betrieblich relevanten Fragestellungen abdecken.

5.5.2.1 Simulation zur Sicherung der Verjüngungsziele in Fichtenbeständen

Der Zieldurchmesser für die Fichte bei einzelstammweiser Nutzung ist im Rahmen der Referenzvariante nach den betrieblichen Vorgaben mit 60 cm festgelegt worden.[425] Die Zielstärkennutzungen erfolgen bei der Referenzvariante in der Wuchsklasse *„Baumholz"* genauso wie in der Wuchsklasse *„Altholz"* (Tab. 25 und Tab. 26). Bei einer genauen Analyse der Simulationsergebnisse für die Referenzvariante, insbesondere bei der Betrachtung der Grundflächenentwicklung, zeigt sich, dass mit dem betrieblich vorgegebenen Zieldurchmesser die erwünschten Verjüngungsziele nicht vollständig erreicht werden können. Das gilt hauptsächlich für typentypische Bestände der Wuchsklasse *„Altholz"*, die durch die Typenkriterienansprache bereits als verjüngt angesprochen worden sind.

Bei den vier Subclustern 3f, 3g, 6e und 6f, die alle der Wuchsklasse *„Altholz"* zugerechnet werden, ist die durch die Zielstärkennutzung gegebene Grundflächenhaltung für eine optimale Entwicklung der vorhandenen Verjüngung zu hoch (MOSANDL, 1991).[426] In den beiden Subclustern 3f und 3g findet eine Grundflächenabsenkung von 42 m² zu Beginn der Fortschreibungsperiode auf 29 m² nach 30 Jahren statt. Im Subcluster 6f sinkt die Grundfläche von 38 m² zu Beginn der Simulation auf 25 m² zum Ende der Fortschreibungsperiode. Lediglich im Subcluster 6e wird bei einer deutlich geringeren Grundflächenhaltung zu Beginn der Fortschreibungsperiode eine Grundflächengröße erreicht, die in etwa der Größe entspricht, wie diese von MOSANDL (1991) für starke Schirmhiebe mitgeteilt wird. MOSANDL (1991: *S. 47*) nennt für Bestände, die zu Beginn über 40 m² je Hektar Bestandesgrundfläche aufweisen, bei starken Eingriffen Entnahmesätze von 50 %. Für eine ausreichende Höhenentwicklung der Naturverjüngung ist dieser Wert allerdings immer noch hoch.[427]

Für eine zielgerechte Regulierung der Überschirmung[428] ist somit die Wahl des Zieldurchmessers in den genannten Subclustern und den idealisierten typentypischen Beständen eine

[425] Bei der Simulation der Referenzbehandlung wird zusätzlich auch eine Vorratspflege simuliert (vgl. Tabelle 25, S. 190 und Tabelle 26, S. 191).

[426] Zur Reaktion von Fichtennaturverjüngung auf die Auflichtung des Fichtenaltbestandes in Abhängigkeit der Strahlungsverhältnisse vgl. WAGNER (1994: *S. 89–93*). Zur differenzierten Betrachtung der Altbestandswirkungen vgl. WAGNER (1999: *S. 66*).

[427] S. a. MOSANDL (1991: *S. 185ff.*).

[428] S. a. MOSANDL (1991: *S. 200*); FÜRST u. JOHANN (1994); WEISE (1995).

wichtige Steuerungsgröße. Die vier relevanten Subcluster bzw. typentypischen Bestände repräsentieren 291 ha, das sind 33 % der Gesamtfläche in der Wuchsklasse *„Altholz"* bzw. knapp 10 % der gesamten Fichtenbetriebsfläche. Die Wahl des Zieldurchmessers hat also nicht nur eine begrenzte Auswirkung auf das Erreichen spezieller Verjüngungsziele, sondern ebenso Konsequenzen für gesamtbetriebliche Zielvorgaben.

Für eine Wirkungsanalyse alternativer Zieldurchmesser werden für die vier typentypischen Bestände der oben genannten Subcluster einzelne Simulationen durchgeführt. Als maximale Entnahmemasse werden 70 Vfm/ha je Eingriff beibehalten. Der Zieldurchmesser wird von 60 cm zunächst auf 55 cm gesenkt. In den beiden Bestandestypen mit Mischbestandscharakter[429] orientiert sich der Zieldurchmesser der übrigen Nadelbaumarten am Wert der Fichte. Als weitere Simulationsvariante wird der Zieldurchmesser auf 50 cm reduziert. Die Tabelle 33 zeigt für die einzelnen Simulationsvarianten, die über die gesamte Fortschreibungsperiode akkumulierte Entnahmemasse durch Zielstärkennutzung.

***Tab. 33**: Übersicht über die Masse, die durch eine Zieldurchmesserernte entnommen wird. Bei der Referenzvariante[430] wird zusätzlich die Masse angegeben, die durch vorratspflegliche Eingriffe entnommen wird.*

Subcluster	**Referenz ZN-∅ 60 cm/Vpf.** [Vfm/ha]	**ZN-∅ 60 cm**[431] [Vfm/ha]	**ZN-∅ 55 cm** [Vfm/ha]	**ZN-∅ 50 cm** [Vfm/ha]
3f	243/124	245	398	504
3g	288/123	254	383	508
6e	95/175	106	221	353
6f	273/81	314	373	498

ZN: Zielstärkennutzung; Vpf: Vorratspflege

Die Auswirkungen auf die Vorratsentwicklung je Hektar können für die vier betrachteten Subcluster zusammen der Abbildung 95 entnommen werden. Da bei der Referenzsimulation zusätzlich zur Zieldurchmesserernte auch eine Vorratspflege modelliert wird, ist für eine bessere Vergleichsmöglichkeit der Ergebnisse eine weitere Simulationsvariante dargestellt. Bei dieser Variante wird auf eine Simulation der Vorratspflege verzichtet und über die gesamte Fortschreibungsperiode hinweg eine einzelstammweise Nutzung nach Zieldurchmesser ab 60 cm modelliert.

Die Abbildung 95 zeigt, dass bei einer Zieldurchmesserernte bei einem BHD von 60 cm ohne zusätzliche Vorratspflege ein erheblicher Vorratsaufbau stattfindet. Der Vorrat steigt von ca.

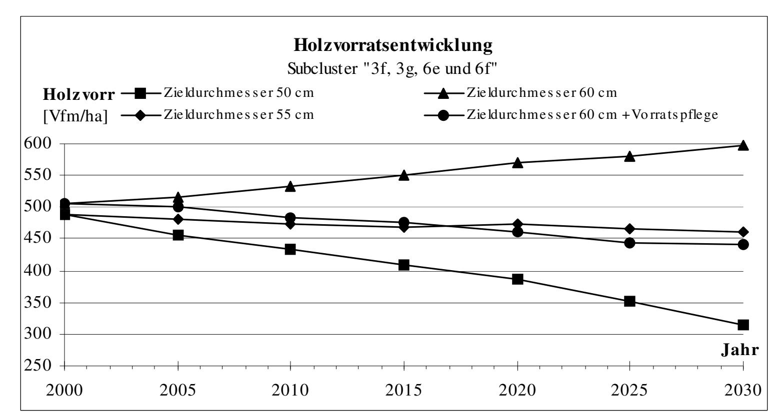
[429] Subcluster 6e und 6f.

[430] Vgl. S. 222.

[431] Die Mengen, die bei dieser Variante durch die Zieldurchmesserernte entnommen werden, sind größer als die Massen durch Zielstärkennutzung bei der Referenzvariante. Sowohl bei der Variante ZN-Ø 60 cm als auch bei den Varianten ZN-Ø 55 cm und ZN-Ø 50 cm werden durch die Zielstärkennutzung Bäume entnommen, die bei der Referenzvariante auf die Vorratspflege entfallen.

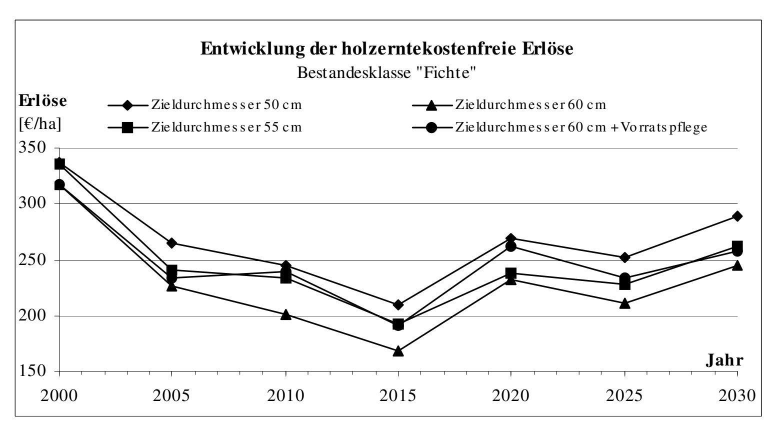
500 Vfm/ha um fast 100 Vfm/ha. Bei einem Zieldurchmesser von 55 cm ist annähernd ein gleichbleibender Vorrat festzustellen. Die Entwicklung des Vorrates über die Fortschreibungsperiode hinweg gleicht der Vorratshaltung bei der Referenzvariante. Für diese wird in der ersten Hälfte der Fortschreibungsperiode eine geringfügig höhere Vorratsausstattung und später ein etwas schnellerer Vorratsabbau ausgewiesen. Eine deutliche Vorratsabsenkung – diese bezieht Verjüngungsziele mit ein – ist erst ab einem Zieldurchmesser von 50 cm zu erreichen. Der Vorrat reduziert sich von knapp 500 Vfm/ha auf 300 Vfm/ha. Die über die vier Subcluster hinweg flächengewichtete Grundfläche beträgt am Ende der Fortschreibung 18,4 m².

Abb. 95: *Entwicklung der mit der Subclusterflächengröße gewichteten Hektarvorräte für unterschiedliche Zieldurchmesser.*



Für die Bezugsgröße der gesamten Fichtenbetriebsfläche[432] zeigt die Abbildung 96 die holzerntekostenfreien Erlöse, die sich jeweils bei Berücksichtigung der drei Zieldurchmesservarianten im Vergleich zur Referenzvariante[433] ergeben. Für sämtliche Varianten zeigt sich bis zum Jahr 2015 ein deutlicher Abfall der holzerntekostenfreien Erlöse. Der hohe Wert am Anfang lässt sich durch die hohen Nutzungen zu Beginn der Fortschreibungsperiode erklären, die durch die Simulationsvorgabe einer maximalen Entnahmemasse von 70 Vfm/ha gesteuert werden. Ist aus Liquiditätsgesichtpunkten eine geringere Schwankung der holzerntekostenfreien Erlöse über den Fortschreibungszeitraum gewünscht, kann dieses beispielsweise über die Steuerung der maximalen Entnahmemasse erreicht werden.

Abb. 96: *Holzerntekostenfreie Erlöse in €/ha.*



[432] Bestandesklasse *„Fichte“*.
[433] Die Entwicklung der Referenzvariante ist auch in Abbildung 86 dargestellt.

5.5.2.1.1 Ergebnisse der Investitionsrechnungen

Zur ökonomischen Analyse der Varianten, bei denen unterschiedliche Zieldurchmesser in vier Subclustern der Wuchsklasse *„Altholz“* unterstellt worden sind, werden zunächst Vermögensendwerte und kritische Sollzinssätze auf der Ebene einzelner Subcluster vorgestellt. Daran anschließend wird die Auswirkung dieser Simulationen auf der Ebene des Gesamtbetriebes zusammengefasst.

Tab. 34*: Darstellung von Vermögensendwerten als Vorteilhaftigkeitsindikatoren. Die Übersicht erfolgt in Abhängigkeit von Soll- und Habenzins für die vier Fichten-Subcluster der Wuchsklasse „Altholz“. Wertangaben in Tausend €/ha.*

Sub-cluster	Haben-zins [%]	Variante ZN = 60 cm Sollzins [%]					Variante ZN = 55 cm Sollzins [%]					Variante ZN = 50 cm Sollzins [%]				
		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
3f	0	14,5	4,6				13,0	3,1				11,3	1,4			
3f	1	16,8	6,9				16,5	6,6				15,2	5,3			
3f	2	19,7	9,8				20,8	10,9				20,1	10,2			
3f	3	23,4	13,5	0,3			26,2	16,3	3,1			26,1	16,2	3,0		
3f	4	28,1	18,2	5,0			32,9	23,0	9,9			33,6	23,7	10,5		
3f	5	34,1	24,2	11,0			41,5	31,6	18,4	0,9		42,9	33,0	19,8	2,3	
3f	6	41,7	31,8	18,6	1,0		52,2	42,3	29,1	11,6		54,5	44,6	31,4	13,8	
3g	0	12,4	1,9				11,1	0,6				11,8	1,3			
3g	1	15,0	4,5				14,8	4,3				15,8	5,3			
3g	2	18,3	7,8				19,5	9,0				20,8	10,3			
3g	3	22,6	12,1				25,3	14,8	0,8			26,9	16,4	2,4		
3g	4	28,0	17,5	3,5			32,5	22,0	8,0			34,5	24,0	10,0		
3g	5	34,9	24,4	10,4			41,6	31,1	17,1			44,0	33,5	19,5	0,9	
3g	6	43,8	33,3	19,3	0,7		52,9	42,4	28,5	9,9		55,8	45,3	31,3	12,7	
6e	0	11,1	4,0				11,6	4,5				9,9	2,8			
6e	1	12,0	4,9				13,5	6,4				13,3	6,2			
6e	2	13,1	6,0				15,9	8,8				17,5	10,4	1,0		
6e	3	14,4	7,3				19,0	11,9	2,4			22,9	15,8	6,4		
6e	4	16,1	9,0				22,9	15,8	6,3			29,7	22,6	13,2	0,6	
6e	5	18,1	11,0	1,5			27,9	20,8	11,3			38,3	31,2	21,8	9,2	
6e	6	20,7	13,6	4,1			34,3	27,1	17,7	5,1		49,2	42,1	32,6	20,1	3,4
6f	0	12,7	2,7				11,1	1,1				11,2	1,2			
6f	1	15,9	6,0				14,9	5,0				15,3	5,4			
6f	2	20,0	10,0				19,8	9,8				20,4	10,4			
6f	3	25,1	15,2	2,0			25,8	15,8	2,5			26,7	16,7	3,5		
6f	4	31,6	21,7	8,5			33,3	23,3	10,1			34,5	24,6	11,3		
6f	5	39,9	30,0	16,8			42,7	32,7	19,5	1,8		44,2	34,3	21,0	3,4	
6f	6	50,4	40,5	27,3	9,7		54,5	44,5	31,2	13,6		56,3	46,4	33,1	15,5	

Der höchste Wert aus den drei Simulationsalternativen bei einer Kombination aus Soll- und Habenzins ist jeweils grau hinterlegt. Beispiel: Für das Subcluster 3f, einen Habenzins von 0 %, sowie einen Sollzins von 0 % ist die Variante mit einem Zieldurchmesser von 60 cm diejenige mit dem höchsten Vermögensendwert, da 14,5 > 13,0 > 11,3. Für das Subcluster 6e, einen Habenzins von 1 % sowie eine Sollzins von 1 % ist die Variante mit einem Zieldurchmesser von 55 cm diejenige mit dem höchsten Vermögensendwert, da 11,1 < 11,60 > 9,9.

(schraffiert) Die Kominbation aus Soll- und Habenzins führt zu einem negativen Vermögensendwert.

Die Tabelle 34 enthält eine Übersicht über die möglichen Vermögensendwerte, die sich bei unterschiedlichen Kombinationen aus Soll- und Habenzinsannahmen ergeben.[434] Dargestellt sind nur die Kombinationen, bei denen sich ein positiver Vermögensendwert bei Annahme des Kontenausgleichsverbotes ergibt. Je nach Kombination ist eine Simulationsvariante vorteilhaft und den anderen vorzuziehen. Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass beispielsweise für die Subcluster 3f, 3g und 6f die Variante mit einem Zieldurchmesser von 60 cm die aus Sicht der Vermögensmaximierung günstigste Variante darstellt, solange der Habenzins bei 1 % angesetzt wird und der Sollzinssatz ebenfalls 1 % nicht überschreitet. Liegt der Sollzins höher, wird kein positiver Vermögensendwert mehr erreicht. Die vorteilhafte Variante für weitere Kombinationen aus Soll- und Habenzins kann der Tabelle entnommen werden. Zur Konkretisierung des bei einem gegebenen Habenzinssatzes maximal anzunehmenden Sollzinssatzes wird in Tabelle 35 der kritische Sollzins – berechnet nach der BALDWIN-Methode – mitgeteilt. Es wird jeweils nur der kritische Sollzinssatz für die Simulationsvariante genannt, die bei gegebener Kombination aus Soll- und Habenzins in Tabelle 34 als vorteilhaft gekennzeichnet wird.

***Tab. 35**: Übersicht über den kritischen Sollzins bei gegebenem Habenzinssatz.*

Sub-cluster	**Habenzins** [%]						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
3f	1,40/z 60	1,57/z 60	1,85/z 55	2,19/z 55	2,61/z 50	3,08/z 50	3,62/z 50
3g	1,18/z 60	1,38/z 60	1,77/z 50	2,14/z 50	2,55/z 50	3,01/z 50	3,53/z 50
6e	1,53/z 55	1,72/z 55	2,08/z 50	2,52/z 50	3,01/z 50	3,57/z 50	4,19/z 50
6f	1,26/z 60	1,51/z 60	1,82/z 50	2,21/z 50	2,65/z 50	3,14/ z 50	3,68/z 50

Darstellung wie folgt: Kritischer Sollzins/vorteilhafteVariante

Abschließend ist in Tabelle 36 die positive Differenz des Vermögensendwertes bei Wahl der jeweils vorteilhaften Alternative aus den drei Simulationsvarianten gegenüber der Referenzvariante dargestellt. Bereits bei einem Habenzins von 4 % kann ein um 1,51 Millionen € höherer Vermögensendwert erzielt werden. Dazu müsste der Zieldurchmesser für Bestände der Wuchsklasse *„Altholz"*, die in den Subclustern 3e, 3f, 6e und 6f zusammengefasst werden und rund 292 ha umfassen, mit 50 cm festgesetzt werden. Bei einem Habenzins von 6 % ließe sich der Vermögensendwert bereits um 3,08 Millionen € steigern. Bezogen auf den Vermögensendwert für den Gesamtbetrieb ist das eine Steigerung um 4 %.

[434] Zur Annahme Sollzins < Habenzins s. a. Abschnitt 6.3, S. 240.

Tab. 36: Differenz des Vermögensendwertes gegenüber der Referenzvariante in Millionen €

Habenzins [%]	Sollzins [%]				
	0	1	2	3	4
0	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45
1	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27
2	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54
3	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98
4	1,51	1,52	1,52	1,52	1,53
5	2,21	2,21	2,21	2,22	2,23
6	3,08	3,09	3,09	3,10	3,11

5.5.2.2 Simulation unter Berücksichtigung sich ändernder Kosten und Erlöse[435]

Die Modellkonzeption bietet neben einem statischen Ansatz durch Beibehaltung der gegenwärtigen Kosten- und Erlöswerte sowie der Preisrelationen zwischen den Stärkeklassen über den gesamten Simulationszeitraum hinweg, zusätzlich eine hohe Flexibilität durch die Variation dieser wichtigen Kalkulationsgrundlagen. Das Datenmodell erlaubt die Anpassung der hinterlegten Werte für jeden Fortschreibungszyklus von 5 Jahren differenziert nach Baumartengruppen.

Für den von Fichte und Buche dominierten Untersuchungsbetrieb bietet es sich an, für eine weitere Simulation die Holzpreise für diese beiden Baumarten zu variieren. Aus den Preisstatistiken des Statistischen Bundesamtes lassen sich für diese Baumarten, bzw. zusätzlich noch für Kiefer und Eiche, mögliche Preistrends ableiten. In der vorliegenden Untersuchung werden die Holzpreisentwicklungen für Fichte und Buche auch für andere Baumarten unterstellt. Für Nadelholz-Baumartengruppen wird eine Entwicklung wie bei der Fichte unterstellt. Für Laubholz-Baumartengruppen finden die Trenddaten für Buche Verwendung. Eine Differenzierung nach Sortimenten ermöglicht zusätzlich unterschiedliche Entwicklungen auf dem Stammholz- und Industrieholzmarkt sortimentsweise zu modellieren. Weiterhin können Verschiebungen der Preisrelationen zwischen den Stärkeklassen abgebildet werden,[436] die sich beispielsweise bei Vermarktungsschwierigkeiten im Starkholzbereich ergeben können.

Der Einsatz der vorgestellten Funktion erfolgt anhand einiger Beispielsimulationen, die dem Untersuchungsbetrieb zur Erweiterung der Entscheidungsgrundlage bei der Abschätzung zukünftiger Ertragspotenziale und der Liquiditätsplanung dienen sollen. Aus der Entwicklung der Erzeugerpreisindizes für Fichten- und Buchenstammholz und Fichten- und Buchenin-

---

[435] Bei diesem Ansatz wird auf eine Dynamisierung sowie eine Simulation von Holzpreisschwankungen im Zeitverlauf verzichtet.

[436] Z. B. Messzahlbegrenzungen beim Starkholz.

dustrieholz[437] sowie der gegenläufigen Lohnkostenentwicklung[438] lassen sich mögliche Zukunftsszenarien entwerfen.

In den letzten Jahren hat der Mechanisierungsgrad durch Maschineneinsatz in der Holzernte erheblich zugenommen. Weitere Produktivitätssteigerungen sind in der Schwachholzernte kaum und beim Starkholzeinschlag nur bedingt zu erwarten. Auch stark mechanisierte Arbeitsverfahren werden allein durch die Lohnkostensteigerung teurer.[439] Die Löhne inklusive Lohnnebenkosten sind in den letzten zwanzig Jahren im Durchschnitt jährlich um ca. 4 % angestiegen. Bei einer gleichbleibenden Entwicklungstendenz wie in der Abbildung 59[440] dargestellt, werden die Löhne auch in Zukunft ansteigen. Ein jährlicher prozentualer Anstieg von ca. 2 % in den nächsten 30 Jahren erscheint durchaus realistisch.

Abb. 97*: Langfristige Entwicklung der Preisindizes für Fichten- und Buchenstammholz bei konstantem Geldwert. Inflationsbereinigung über den Preisindex für die Lebenshaltungskosten aller privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland. Durchschnitt der Jahre 1968 bis 2000=100 (STATISTISCHES BUNDESAMT).*

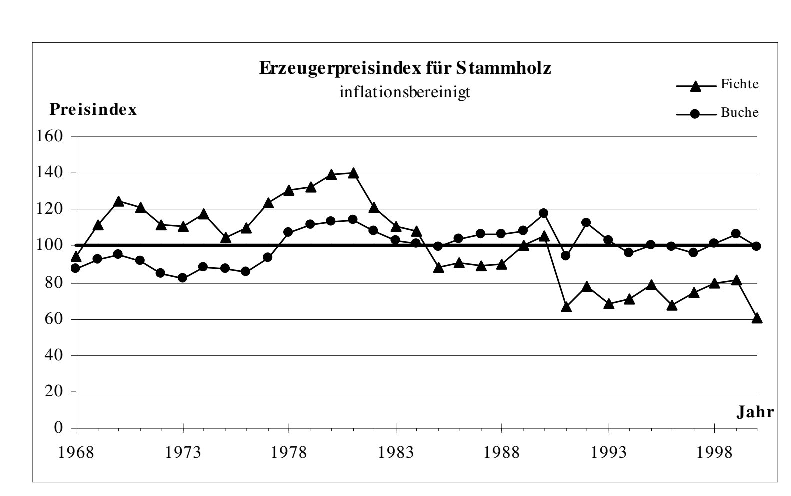
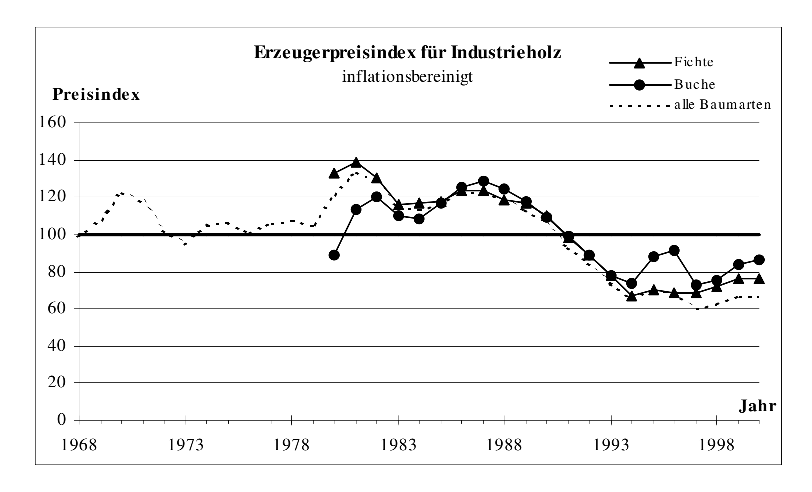


Abb. 98*: Langfristige Entwicklung der Preisindizes für Fichten- und Buchenindustrieholz bei konstantem Geldwert. Inflationsbereinigung über den Preisindex für die Lebenshaltungskosten aller privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland. Durchschnitt der Jahre 1968 bis 2000=100 (STATISTISCHES BUNDESAMT).*



Die Abbildungen 97 und 98 zeigen die um Inflationseinflüsse bereinigten Rohholzpreisentwicklungen für Fichte und Buche, jeweils für die beiden Sortimente Stammholz und Indust-

[437] Vgl. Abschnitt 5.4, insbesondere die Abbildungen 57, S. 175 und Abbildung 58, S. 176.
[438] Vgl. die Abbildung 59, S. 176.
[439] Steigt hingegen die Produktivität durch den Einsatz hochmechanisierter Holzernteverfahren stärker als die Löhne, ist auch ein anderes Szenario denkbar.
[440] Siehe hierzu S. 176.

rieholz. Die durchschnittliche Inflationsrate für den Zeitraum von 1968 bis 2000 beträgt rund 3,3 %. Die Abbildungen verdeutlichen, dass ein tatsächlicher Anstieg bei den Rohholzpreisen, der nicht nur die Geldentwertung ausgleicht, sondern zu tatsächlich höheren Realeinkommen führt, bereits seit 1981 nicht mehr festgestellt werden kann. Das gilt gleichermaßen für Fichte und Buche.

Bei der weiteren Entwicklung ab 1981 zeigen sich allerdings Unterschiede zwischen den Baumarten. Während der Rohholzpreis für Fichte insbesondere durch Sturmschadensereignisse kontinuierlich sinkt und bereits 1985 unterhalb des langjährigen Durchschnittes liegt und sich seit etwa 1991 auf niedrigem Niveau nach erheblichen Einbußen beim Realeinkommen stabilisiert, ist die Entwicklung bei der Buche etwas günstiger. Der Rohholzpreis für Buchenstammholz schwankt seit 1985 mehr oder weniger stark um den langjährigen Durchschnitt, so dass die Rohholzpreissteigerungen in etwa die Inflation aufwiegen. Der Buchenstammholzpreis zeigt also eine deutlich höhere Wertstabilität gegenüber Inflationstendenzen als der Holzpreis für Fichte.

Die Tabelle 37 enthält eine Zusammenstellung über die zugrunde liegenden Annahmen für einige beispielhaft ausgewählte Entwicklungsszenarien, die im Weiteren erläutert werden. Die Angaben zur Preissteigerung für das Sortiment *„Stammholz“* gelten gleichfalls für die Sortimente *„Stammholzabschnitte“* bzw. *„Fixlängen“*.

***Tab. 37**: Übersicht über die einzelnen Szenarien zur Simulation sich ändernder Kosten und Erlöse.*

Hauptszenario	Sub szenario	Lohnkosten	Fichten-stammholz	Buchen-stammholz	Fichtenin-dustrieholz	Buchenin-dustrieholz
1		2 %	1 %	2 %	1 %	1 %
	a	3 %	1 %	2 %	1 %	1 %
	b	2 %	0 %	1 %	0 %	0 %
2		2 %	2 %	2 %	1 %	1 %
3		2 %	2 %	3 %	2 %	2 %
4		2 %	3 %	3 %	2 %	2 %
	a	3 %	3 %	3 %	2 %	2 %
	b	2 %	2 %	2 %	1 %	1 %

Die aufgeführten Zahlen beschreiben jeweils den jährlichen Anstieg in %.

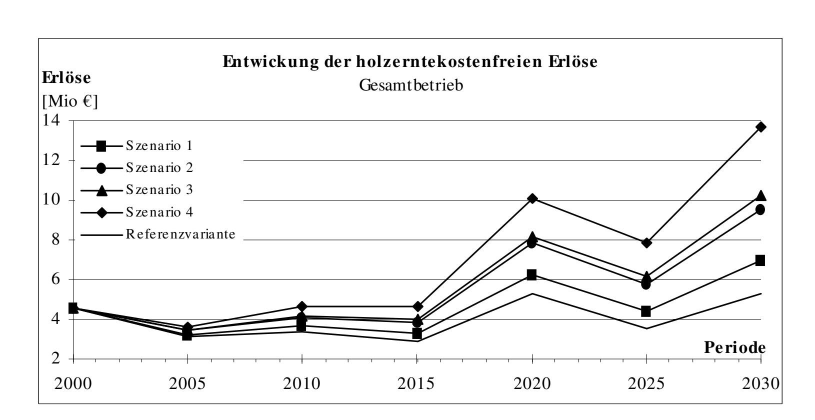
Die Szenarien sind so gewählt, dass die Erlösentwicklung beim Fichten- und Buchenindustrieholz jeweils in der gleichen Größenordnung verläuft. Bei der Bestimmung der Szenarien für die zukünftigen Stammholzpreise soll die unterschiedliche Entwicklung beim Fichten- und Buchenstammholz in der Vergangenheit berücksichtigt werden. Die Preissteigerung beim Buchenstammholz erreicht mindestens die Größenordnung wie beim Fichtenstammholz (Sze-

nario 2 und 4) bzw. Buchenstammholz hat um 1 Prozentpunkt höhere Preise (Szenario 1 und 3).

Die Tabelle 37 zeigt insgesamt acht Szenarien. Zusätzlich zu den vier Hauptszenarien 1 bis 4 werden für die Fälle 1 und 4 noch jeweils zwei weitere Subszenarien berechnet. Bei den jeweils mit a gekennzeichneten Subszenarien wird im Vergleich zum Hauptszenario ein um 1 % stärkerer Lohnkostenanstieg unterstellt. Umgekehrt wird bei den mit b gekennzeichneten Subszenarien untersucht, inwieweit ein jeweils um 1 Prozentpunkt im Vergleich zur Hauptvariante geringerer Anstieg bei den Holzerlösen die Ergebnisse der Simulation beeinflusst.

Die Abbildungen 99 bis 101 zeigen die Ergebniswirkung der einzelnen Szenarien auf die holzerntekostenfreien Erlöse. Die ausgewiesenen Werte für die holzerntekostenfreien Erlöse orientieren sich an dem fünfjährigen Eingriffsintervall der Wachstumssimulation und sind somit Periodenwerte. Dabei zeigt die Abbildung 99 zunächst die Entwicklung für die vier Basisszenarien im Vergleich zur Referenzvariante. Für diese gilt die Annahme gleichbleibender Kosten- und Erlöswerte.

Abb. 99*: Vergleich der holzerntekostenfreien Erlöse für die vier Hauptszenarien 1 bis 4 mit der Referenzvariante.*



Für alle 4 Szenarien sowie die Referenzvariante wird für das Jahr 2000 ein holzerntekostenfreier Erlös von 4,6 Millionen € ausgewiesen. Unter Schwankungen steigt der holzerntekostenfreie Erlös für die Referenzvariante im Jahr 2030 auf 5,4 Millionen € an. Die vier Szenarien, bei denen eine lineare[441] Kosten- und Erlösentwicklung unterstellt wird, erreichen im Simulationsverlauf naturgemäß deutlich höhere Werte. Für das pessimistische Szenario 1, bei dem einem jährlichen Kostenanstieg von 2 % lediglich Rohholzpreissteigerungen[442] von

[441] D. h., dass es während der 30-jährigen Fortschreibungsperiode keine Schwankungen bei den unterstellten Rohholzpreis- und Kostensteigerungen gibt. Es wird von einer jährlich – entsprechend der mitgeteilten Größenordnung – gleichmäßigen Zunahme ausgegangen. Sollen etwa konjunkturelle Schwankungen bzw. eventuelle Sturmereignisse mit deren temporären Auswirkungen auf den Holzmarkt modelliert werden, ist das ebenfalls möglich.

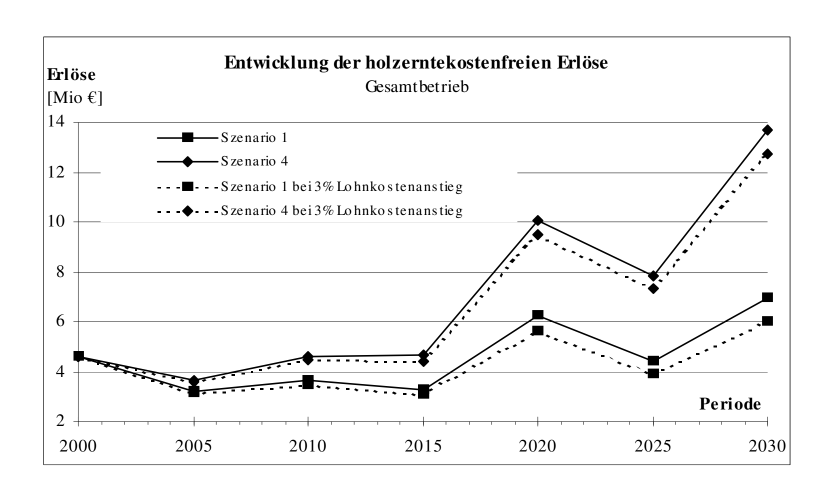
[442] Mit Ausnahme des Buchenstammholzes, für das ein Holzpreisanstieg von 2 % vorgegeben ist.

1 % gegenüberstehen, errechnet sich für das Jahr 2030 ein holzerntekostenfreier Erlös von 7 Millionen €.

Das deutlich günstigere Szenario 2, bei dem die Preisentwicklung beim Stammholz größenordnungsmäßig der Kostenentwicklung folgt und lediglich für Industrieholz eine um 1 Prozentpunkt ungünstigere Preisentwicklung prognostiziert wird, erreicht bereits zum Ende der Fortschreibungsperiode einen fast doppelt so hohen holzerntekostenfreien Betrag wie die Referenzvariante.

Wird nun zusätzlich die Preisentwicklung beim Industrieholz an die Kostenentwicklung angepasst und für Buchenstammholz eine leicht bessere Preisentwicklung unterstellt, wie dies in Szenario 3 geschieht, zeigen sich allerdings aufgrund des hohen Fichtenstammholzeinschlages[443] im Untersuchungsbetrieb im Vergleich zu Szenario 2 kaum nennenswerte Unterschiede. Das optimistische Szenario 4 zeigt die größte Dynamik im Zeitverlauf.

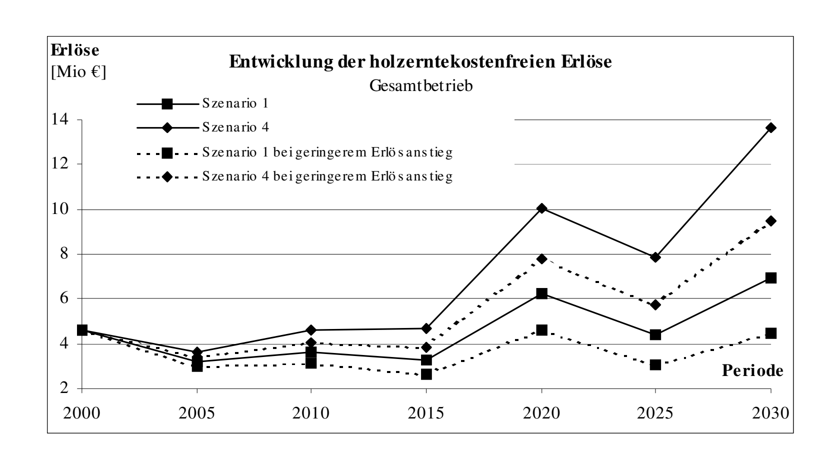
***Abb. 100**: Vergleich der holzerntekostenfreien Erlöse für die zwei Hauptszenarien 1 und 4 mit den jeweiligen Subszenarien 1a und 4a.*



In der Abbildung 100 werden dem ungünstigen Szenario 1 und dem günstigen Szenario 4 mit den Subszenarien 1a und 4a zwei weitere Varianten gegenübergestellt, bei denen der jährliche Kostenanstieg statt bisher 2 % nun mit 3 % festgelegt wird. Die Auswirkungen dieser Annahme auf den holzerntekostenfreien Erlös können der Abbildung entnommen werden. Bei Annahme eines jährlich 3 %igen Kostenanstieges reduziert sich der holzerntekostenfreie Erlös im Jahr 2030 um rund 1 Millionen €. Für Szenario 1a bedeutet dies ein Absinken auf 86 % und für Szenario 4a eine Reduzierung auf 93 % gegenüber der jeweiligen Basisvariante.

[443] Die Rohholzpreisentwicklung für Fichtenstammholz ist bei Szenario 2 und 3 identisch.

***Abb. 101**: Vergleich der holzerntekostenfreien Erlöse für die zwei Hauptszenarien 1 und 4 mit den jeweiligen Subszenarien 1b und 4b.*



Um die Auswirkungen einer sich weiter öffnenden Kosten-Erlös-Schere abzuschätzen wird in der Abbildung 101 dargestellt, wie sich die holzerntekostenfreien Erlöse entwickeln, wenn eine deutlich schlechtere Preisentwicklung auf dem Holzmarkt eintritt. Gegenüber der Basisvariante 1 bzw. 4 wird für die Szenarien 1b und 4b die Preisentwicklung für alle Sortimente um 1 Prozentpunkt gegenüber der jeweiligen Basisvariante reduziert. Gilt für Variante 1, beispielsweise für das Fichtenstammholz ein Preisanstieg von 1 %, wird bei Szenario 1b ein gleichbleibender Fichtenstammholzpreis für die Fortschreibungsperiode angenommen. Ebenso wird beispielsweise die Entwicklung des Buchenstammholzpreises in Szenario 4b auf 2 % gegenüber 3 % bei Szenario 4 festgelegt.

Im Vergleich zu den Hauptszenarien 1 und 4 zeigen die Subszenarien 1b und 4b unter den mitgeteilten Annahmen deutlich ungünstigere Entwicklungen. Für den Vergleich des Hauptszenarios 1 mit 1b zeigt sich im Jahr 2030 ein um 64 % geringerer holzerntekostenfreier Erlös. Der holzerntekostenfreie Erlös für Szenario 4b beträgt für den gleichen Zeitpunkt nur noch 70 % des Vergleichswertes von Szenario 4.

6 Diskussion

Die Anforderungen, die an die mittelfristige Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb gestellt werden, haben sich in den letzten Jahrzehnten deutlich verändert. Bestandesweise Inventurverfahren und Großgebietsertragstafeln galten lange Zeit als ausreichend für eine hinreichend zuverlässige Abschätzung der naturalen Zustandsdaten sowie der Zuwachsverhältnisse. Der Waldumbau in arten- und strukturreiche Mischbestände und der gesteigerte Informationsbedarf in Form präziserer Angaben über die Struktur der Bestände hinsichtlich der Durchmesserverteilung und der Qualität fördern gegenwärtig neue Verfahrenskonzepte für die Waldinventur.

Freie Ressourcen, die sich durch eine Aufwandsreduktion bei der Erfassung der naturalen Datenbasis ergeben, werden allerdings kaum in eine zielgerichtete Intensivierung der Planung und eine damit zu erreichenden Verbesserung der betrieblichen Entscheidungsbasis verlagert. Die Frage, inwieweit über die mittelfristige Naturalplanung der Forsteinrichtung hinaus finanz- und vermögensorientierte Planungsentwürfe vorgenommen werden sollten, ist von jedem einzelnen Betrieb individuell zu beantworten. Wenn eine solche Planungstätigkeit erwünscht ist, muss die Frage beantwortet werden, in welcher Form und Auflösung Handlungsentwürfe zu formulieren sind.

In der vorliegenden Untersuchung wurde daher ein Planungsverfahren entwickelt, das auf Betriebsebene ein alternatives Planungskonzept zur klassischen Forsteinrichtung umsetzt. Damit können den Entscheidungsverantwortlichen im Forstbetrieb ökonomisch fundierte Entscheidungshilfen angeboten werden. Losgelöst von organisatorischen Einzelaspekten wurde in dieser Arbeit ein entscheidungsunterstützendes Modellkonzept zur Betriebsplanung auf der Basis der typenorientierten Kontrollstichprobe erarbeitet, als modularer datenbankgestützter Prototyp umgesetzt und dieser anhand realer Betriebsdaten praxisnah erprobt. Der erarbeitete Modellentwurf und die ausgewählten Anwendungsfälle können allerdings nur einen ersten Arbeitsschritt auf dem Weg zu einem leistungsstarken EDV-gestützten und flexibel auf die spezifischen Anforderungen und Eigenheiten des Einzelbetriebes abgestimmten Entscheidungsunterstützungssystem darstellen.

6.1 Der entscheidungsorientierte Forschungsansatz

In der vorliegenden Untersuchung wird auf den präskriptiv-normativen entscheidungsorientierten Ansatz der Betriebswirtschaftslehre aufgebaut, bei dem das Unternehmen als ein zielorientiertes, produktives, sozio-technisches System betrachtet wird und in dem Entscheidungsprozesse zur Systemgestaltung und Systemsteuerung ablaufen. Als eine Ausformung

betriebswirtschaftlicher Konzepte konkurriert dieser Ansatz mit anderen Forschungsrichtungen in der Betriebswirtschaftslehre.

Der Verzicht auf die Einbeziehung verhaltenswissenschaftlicher Erkenntnisse und der Wunsch nach empirisch-deskriptiven Aussagen zum Entscheidungsverhalten hat auch in der forstwissenschaftlichen Forschung Untersuchungen mit stärker verhaltensorientierten Ansätzen gefördert. Bei der Umsetzung von strategischen Planungen für den Forstbetrieb ist das situationsbezogene Verhalten der Mitarbeiter als wichtige Einflussvariable zu berücksichtigen. Die Einbeziehung in den Planungsprozess sowie die Vermittlung der Planungsergebnisse kann, ebenso wie die intensive Schulung der Mitarbeiter, den Erfolg einer zielorientierten Steuerung sicherstellen. Die Einbeziehung des verhaltenstheoretischen Ansatzes mit der Absicht menschliches Verhalten zu erklären, ist für einen ganzheitlichen Forschungsansatz angebracht. Für die weiteren Arbeiten, die auf der vorliegenden Untersuchung aufbauen werden, ist dieser Aspekt mit einzubeziehen. Der reine verhaltenstheoretische Ansatz ist wegen der Aufgabe des Rationalprinzips aber nicht ohne Kritik.

Betriebsexterne Entscheidungen werden durch den klassischen entscheidungsorientierten Ansatz ebenfalls nicht hinreichend berücksichtigt. Ähnliches gilt für den Faktor der Information als vierter und sehr wichtiger Produktionsfaktor im mikroökonomischen Bereich, dessen Qualität direkt die Qualität der Entscheidung beeinflusst. Hier zeigt die vorliegende Untersuchung einige Ansatzpunkte, mit denen die entscheidungsorientierte Informationsausstattung im Forstbetrieb verbessert werden kann. Einschränkend gilt, dass der modelltheoretische Aspekt der Entscheidungsfindung unter Unsicherheit weitgehend ausgeblendet wird. Bei weiteren Forschungsarbeiten lässt sich dieser Teil problemlos in das Modellgebäude integrieren. Die Nutzung geographischer Informationssysteme zur Abschätzung des Risikos aufgrund von Standortsfaktoren ist nur ein Beispiel.

Im Umfeld finanzwirtschaftlicher Entscheidungen besteht latent die Gefahr eines Zielmonismus. Die Fokussierung auf eine einzige relevante Kennzahl bedeutet einen Rückschritt in der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre. An die Stelle eines komplexen Zielsystems tritt das monistische Ziel der Wertmaximierung. Dieses Ziel kann jedoch kein allgemeingültiges, stets eindeutiges Entscheidungskriterium sein, da der Nutzen betrieblicher Entscheidungen von weiteren Faktoren abhängt. Bei der Bewertung der investitionstheoretischen Überlegungen und Berechnungen in der vorliegenden Untersuchung wird diesem Ansatz Rechnung getragen. Es finden beispielsweise auch naturale Ziele der Bestandesverjüngung Berücksichtigung. Welche weiteren Kriterien im Einzelnen herangezogen werden, hängt entscheidend von der im Betrieb vorliegenden Zielhierarchie ab. Die für

den Untersuchungsbetrieb exemplarisch mitgeteilten Ziele sind dabei nur ein kleiner Ausschnitt möglicher Betriebsziele.

6.2 Modellgrenzen

Die Grenzen des Gesamtmodells sowie die Eignung und Effektivität der einzelnen Module sollen hier abschließend beurteilt und einer kritischen Analyse unterzogen werden. Bei der Beurteilung des Gesamtmodells ist es nicht nur sinnvoll, den Maßstab der Wirklichkeitstreue anzulegen. Der Modellentwurf ist darüber hinaus zum einen im Vergleich zu alternativen Planungsansätzen zu sehen und zum anderen an den Anforderungen zu messen, die aus der konkreten Aufgabenstellung erwachsen. Wichtige Prüfkriterien sind Effizienz, Effektivität[444] und die Integration ökonomischer Bewertungsroutinen in das Planungsmodell.

Das erarbeitete Modell nutzt die quantitative Methodik der Simulation. Mit der konsequenten methodischen Einbindung der Simulation in die betrieblichen Entscheidungsabläufe werden wesentliche Verbesserungen für eine rationelle Entscheidungsfindung erreicht, ohne aber bereits von einem Entscheidungsmodell sprechen zu können.

Beurteilungskriterien für das Gesamtmodell sind weiterhin die Güte der Systemintegration, die Anwenderfreundlichkeit und die Leistungsfähigkeit im praktischen Einsatz. Die Erwartungen, die hinsichtlich dieser Kriterien an einen Prototyp gestellt werden können, sind andere als bei marktreifen Produkten. Bei der Entwicklung des Modells standen daher technische Aspekte hinter konzeptionellen und inhaltlichen Fragen zurück. Dementsprechend ist auch ein Einsatz in der betrieblichen Praxis erst nach weiteren Entwicklungsarbeiten möglich. Dazu ist das Datenbankkonzept zu überarbeiten, die Modulschnittstellen weiterzuentwickeln und vor allem eine dem üblichen Standard entsprechende und dialogfähige Benutzeroberfläche zu entwickeln.

Eine Benutzerfreundlichkeit, die eine unkritische Anwendung fördert, birgt die Gefahr einer Modellgläubigkeit. Hieraus leitet sich die Forderung nach einer kritischen Begleitung und ständigen Überprüfung der Modellalgorithmen und der Datenbasis ab. Andererseits ist die Frage nach der Zielgruppe für entsprechend komplexe Simulationsmodelle zu stellen. Aus der Praxis wird deren allgemeine Verfügbarkeit und ein breiter Einsatz vermehrt angemahnt. Sicherlich ist ein entsprechendes Instrumentarium gegenwärtig auf der Ebene von Stabsstellen wie Forsteinrichtung oder Betriebswirtschaft und Controlling begrenzt. Denkbar ist auch der Einsatz durch unabhängige Unternehmensberatungen und Consultingfirmen im Zuge des Forsteinrichtungsprozesses sowie der Strategieberatung.

[444] Vgl. die Fußnoten 21 und 22, S. 10.

Eine Erörterung des integrierten Wachstumsmoduls ist bereits in anderen Untersuchungen ausführlich dargestellt und erfolgt hier weniger intensiv. Distanzabhängige einzelbaumorientierte Wachstumsmodelle haben inzwischen eine hohe waldwachstumskundliche Komplexität erreicht und sind für eine Naturalprognose als Alternative zu Ertragstafeln einsetzbar. Über gezielte Erweiterungen bei der Eingriffs- und Nutzungsmodellierung ist im Einzelfall zu diskutieren. Die Bandbreite der darzustellenden Handlungsalternativen ist für die meisten Anwendungsfälle bereits jetzt ausreichend.

Der praktische Einsatz des Wuchsmodells auf Betriebsebene wird teilweise noch als schwierig eingeschätzt. Dieses Urteil wird zum einen mit den hohen Anforderungen an die notwendige Datengrundlage, zum anderen mit dem Einarbeitungsaufwand für die Bedienung begründet. Beide Kritikpunkte scheinen mit der gegenwärtig zur Verfügung stehenden Programmversion hinreichend gelöst zu sein. Durch die Entwicklung des *SILVAMANAGER*s ist die Einsteuerung der Hinterlegungsdateien für die Betriebsroutine, die einen batch-gesteuerten Simulationslauf erlaubt und somit einen automatisierten Einsatz von *SILVA* unterstützt[445] nach kurzer Einarbeitung problemlos möglich. Liegen für einen Betrieb zusätzlich die Daten aus einer Rasterstichprobe vor, kann in Verbindung mit der Inventurschnittstelle die naturale Informationsbasis ideal als Startgröße für die Fortschreibungszyklen genutzt werden.

Den Integrationskern des Gesamtsystems bilden die auf einer typenorientierten Stichprobeninventur fußenden Naturaldaten, die durch die Modellierung typentypischer Bestände nicht nur für mittelfristige und strategische Planungsbereiche genutzt wird, sondern auch für operative Fragen genutzt werden kann.

Mit der typenorientierten Kontrollstichprobe und deren Einbindung in das Planungskonzept steht eine echte Alternative zur klassischen Bestandesinventur mit waldbaulicher Einzelplanung zur Verfügung. Die Auswertung der umfangreichen Stichprobendaten erlaubt eine weit über die normale Informationsaufbereitung hinausgehende Analyse der betrieblichen Zustandssituation. Von diesem zusätzlichen Informationsangebot wird gleichfalls ein wesentlicher Nutzen zur qualitativen Verbesserung der betriebswirtschaftlichen Anschluss-kalkulationen erwartet. Durch den Einsatz der typenorientierten Kontrollstichprobe ergeben sich statistisch abgesicherte naturale Daten als Grundlage für die anschließende Planung. Die Gefahr einer unzureichenden Datenqualität, die alle nachfolgenden Planungsschritte negativ tangiert, wird bei derart erhobenen Ausgangsdaten verringert. Folgende Wiederholungs-inventuren erlauben die Analyse dynamischer Prozesse ebenso, wie eine Überprüfung der vorhergegangenen Planungstätigkeit, deren Ergebnisse als Rückkopplung in die Verbesserung

[445] Vgl. PRETZSCH et al. (2000: *S. 309*).

des Planungsverfahrens eingehen. Durch die Effizienz ist das Verfahren auch unter schwierigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen tragfähig.

Aufgrund der Anpassungsfähigkeit des Verfahrens sind die Anzahl und die Skalierung der zu erhebenden Variablen betriebsspezifisch frei wählbar. Bei der Auswertung der Typenkriterienansprache im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zeigen sich allerdings einige erörterungswürdige Einzelpunkte. Bei der Diskussion der Erhebungsmerkmale sind besonders die kategorialen Aufnahmevariablen zu beachten, die einer unvermeidbaren Subjektivität bei der Ansprache unterliegen. Die Abhängigkeit der gutachterlichen Ansprachen von der Person des Taxators ist durch intensive Schulungen zu minimieren. Der Umfang des kategorial formulierten Merkmalskataloges für die Typenkriterienansprache ist ausreichend und sollte zukünftig nur begrenzt ausgeweitet werden.

Bei der Auswahl der Ansprachevariablen ist nicht nur auf deren beschreibende Funktion zu achten, sondern auch deren Beitrag zur Ableitung entscheidungsrelevanter Informationen zu prüfen. Für einzelne Typenkriterien ist die ordinale Skalierung der Ansprachegrößen nicht notwendigerweise derart fein zu wählen. Für die Ansprache der Baumartenmischung im Oberstand ist beispielsweise die bei der Clusteranalyse gewählte dreistufige Klassifizierung hinsichtlich der Mischungsanteile ausreichend.

Da für den wichtigen Bereich der strategischen Planung die Ableitung von Nutzungsstrategien ein großer Informationsbedarf an qualitativen und quantitativen Daten über die Verjüngung besteht, ist eine verlässliche Ansprache der Naturverjüngung entscheidend. Die bisher vom Stichprobenpunkt ausgehende Merkmalsbestimmung, die als Bezugsfläche die jeweils einsehbare Bestandesfläche umfasst, ist bei der Ansprache des Verjüngungszustandes eventuell dahingehend zu erweitern, dass die Bezugsfläche ausgeweitet wird. Dies kann u. a. dadurch geschehen, dass bereits beim Anlaufen des nächsten Inventurpunktes die Verjüngung begutachtet wird. Die Anbindung dieser zusätzlichen Anspracheergebnisse an einen Stichprobenpunkt hätte dann nach erfolgter Bestandesdelinierung aus dem Luftbild zu erfolgen.

Bei der punktbezogenen Erhebung der Verjüngung ist zu prüfen, inwieweit zukünftig die Gliederung der Höhenstufen beizubehalten ist. Die bisherige Höhenstufe, die alle Verjüngungspflanzen unter 50 cm umfasst, wäre möglicherweise durch eine Höhenstufe zu ersetzen, die lediglich alle Verjüngungspflanzen von 20 cm bis 50 cm erfasst. Die Berücksichtigung von Verjüngungspflanzen erst ab 20 cm ist erwägenswert, da kleinere Pflanzen vielfältigen Gefahren ausgesetzt sind und noch nicht als gesichert gelten können.

Etwas ausführlicher soll auf die Frage eingegangen werden, inwieweit die gebildeten typentypischen Bestände als Träger sowohl typenindividuellen als auch gesamtplanerischen Aspekten gerecht werden können und damit den Einzelbestand als wichtigste waldbauliche Planungseinheit ablösen. Der Einzelbestand ist bei diesem Ansatz lediglich nur noch dann Planungsobjekt, wenn im Rahmen eines vereinfachten Bestandesbeganges die typentypischen Planungsansätze auf die jeweilige Situation im Einzelbestand angepasst werden. Für die Aggregation der Stichprobenpunkte anhand der Typenkriterienmerkmale zu einer begrenzten Anzahl typentypischer Bestände ist der Ansatz einer clusteranalytisch gestützten Methodik hilfreich.

Bei der Ausscheidung eines typentypischen Bestandes wird davon ausgegangen, dass der aus den Informationen einer ausreichenden Anzahl von Stichprobenpunkten mit annähernd gleicher Typenkriterienansprache generierte Modellbestand eine möglichst homogene Bestandessituation repräsentiert. Je günstiger das Verhältnis zwischen Modellbestand und den korrespondierenden Einzelbeständen ist, desto einfacher lässt sich anschließend das entwickelte Typenentwicklungsmodell (TEM) auf den Einzelbestand anpassen. Die Planung im Einzelbestand hat sich einerseits an den strategischen Vorgaben des Gesamtbetriebes zu orientieren. Andererseits ist diese mit der für typentypische Bestände hergeleiteten Entwicklungsvorstellungen abzugleichen. Bei der Klassifikation und Ausscheidung typentypischer Bestände ist eine Analogie zur Ausweisung und Anlage von Weiserflächen als repräsentative Bestandesmodelle gegeben, die ebenfalls waldbauliche Entscheidungen anhand modellhafter Bestandestypen unterstützen.

In der vorliegenden Untersuchung sind die Ergebnisse des die typenorientierte Planung abschließenden Bestandesbeganges nicht einbezogen worden. Eine abschließende Bewertung der Güte der typentypischen Bestände als Repräsentanten der wichtigsten Bestockungsverhältnisse im Beispielbetrieb sowie die Möglichkeiten zur Übertragung der erzielten Planungsergebnisse auf die Einzelbestandssituation kann daher an dieser Stelle nicht erfolgen. Obwohl dadurch Informationen über die Abweichungen des zugeordneten Einzelbestandes vom Durchschnitt eines typentypischen Bestandes fehlen, zeigt bereits die Diskussion der Simulationsergebnisse für einzelne Typen mit den Verantwortlichen im Betrieb, dass die naturalen Entwicklungslinien den tatsächlichen waldbaulichen Gegebenheiten gerecht werden.

Die Anzahl ausgewiesener typentypischer Bestände ist in der vorliegenden Untersuchung recht umfangreich. Auf den ersten Blick ist eine Anzahl von rund 40 Typen für eine Betriebsfläche von knapp 4.400 ha tatsächlich hoch. Im Vergleich zu der mitgeteilten Zahl von relevanten Waldentwicklungstypen, beispielsweise in Baden-Württemberg, ist die Differenz zu begründen. Wird allerdings berücksichtigt, dass Waldentwicklungstypen zusätzlich in Be-

handlungstypen differenziert werden, ist die in der Arbeit ausgewiesene Anzahl an typentypischen Beständen nur noch doppelt so hoch wie die Anzahl nach dem Ausscheidungsmuster von Waldentwicklungstypen.

Inwieweit diese doppelte Anzahl für die Beschreibung der waldbaulichen Betriebsverhältnisse und eine betriebsbezogene Planung notwendig ist, bzw. vermeidbarer Mehraufwand geleistet wurde, ist relativ einfach zu beantworten. Das Ergebnis ist clusteranalytisch gestützt, wobei das Ergebnis der Clusteranalyse von der Auswahl der Typenkriterien abhängt. So ist beispielsweise die Flächendeckung als angesprochenes Typenkriterium als Variable in die Clusteranalyse eingeflossen und als zusätzliches Klassifikationsmerkmal genutzt worden.

Die größere Anzahl der gebildeten typentypischen Bestände ergibt sich vor allem aus einer größeren Zahl ausschließlich auf die Behandlungstypen *„Hauptnutzung"* – Vorratspflege und Verjüngung – entfallenden Subcluster. Gerade hier liegt ein Hauptaugenmerk der Betriebsleitung, die eine ökonomisch begleitete Nutzungsplanung für diese Bestandessituationen wünscht. Die Gefahr, die Leistungsfähigkeit der Modellansätze auf der Grundlage einer vermeintlich feinen Strukturierung der waldbaulichen Gegebenheiten zu überschätzen, bleibt allerdings bestehen. Bei der Beurteilung der Anzahl ausgewiesener Typen ist besonders die Fristigkeit der Planung zu berücksichtigen. Für eine mittelfristige Forsteinrichtungsplanung kann eine größere Anzahl von typentypischen Beständen sinnvoller sein als für strategische Planungen, für die eine Konzentration auf die wichtigsten Typen angemessen sein kann.

Bei der Auswahl von Kriterien zur Durchführung der Clusteranalyse dominieren die Typenkriterien gegenüber den Messungen am Stichprobenpunkt deutlich. Die Verwendung von Typenkriterien zur clusteranalytisch unterstützten Stratifizierung der Stichprobenaufnahmen kann bei weiteren Untersuchungen durch am Stichprobenpunkt erhobene Merkmale ergänzt werden. Es sollten zukünftig verschiedene Kombinationen aus Flächen und Punktinformationen im Hinblick auf deren Verwendung zur Ableitung typentypischer Bestände geprüft werden. Der intensive Vergleich zwischen Flächen und Punktinformationen im Rahmen der Ergebnispräsentation der Verjüngungsaufnahme deutet bereits auf einige Verbesserungsmöglichkeiten hin.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Ansatz einer Planung auf der Grundlage typentypischer Bestände gewählt. Mit der Ausscheidung von typentypischen Beständen wird zum einen die waldbauliche Diskussion auf eine überschaubare Anzahl von Bestandestypen gelenkt. Zum anderen stellen diese Modellbestände zwischen dem Einzelbestand und der betrieblichen Gesamtsicht eine weitere Befundeinheit für die Planung dar. In der Summe repräsentieren die typentypischen Bestände die Gesamtheit der Bestockung im Betrieb. Nach dem Gesamtkon-

zept der typenorientierten Kontrollstichprobe können die Planungsergebnisse auf der Ebene dieser Bestände, aber auch genauso auf die Planungsebene Einzelbestand heruntergebrochen werden. Diese Einordnung der typentypischen Bestände unterstützt die engere Verzahnung und Integration der mittel- und langfristigen Planung mit der operationalen Planungsebene, genauso wie die Überleitung von Planungsergebnissen auf höhere oder niedrigere Aggregationsstufen.

Inwieweit diese „top-down“-Planung den Ansatz einer nummerischen einzelbestandsweisen Planung vollständig ersetzen sollte, kann kontrovers diskutiert werden. Zweifelsfrei wird mit diesem Planungsverständnis der Leitbildgedanke und damit auch das strategische Moment der Planung gestärkt. Die Lösung vom Einzelbestand erfordert zunächst einmal einen höheren Abstraktionsgrad, erhöht aber gleichzeitig die Handlungsfreiheit durch Simulation unterschiedlicher Behandlungsstrategien. Hilfreich ist außerdem, die ausgeschiedenen typentypischen Bestände in der Fläche durch entsprechende Weiserbestände der unmittelbaren Anschauung zugänglich zu machen.

Eine häufig geübte Kritik bei betriebswirtschaftlichen Kalkulationen ist die Verwendung von statischen Kosten- und Erlöswerten und die Unmöglichkeit zur Nachbildung der dynamischen Marktbewegungen. Die Zahlenbasis wird außerdem häufig nicht betriebsindividuell aus vorhandenem Datenmaterial abgeleitet, sondern es werden überregionale oder landesweite Durchschnittswerte und Standardkostensätze herangezogen. Dabei zeigt sich, dass sich einzelne Betriebe immer wieder von der allgemeinen Kostenentwicklung abkoppeln können. Die Modellerweiterung von einer risikolosen Ertragserwartung zu einer Quantifizierung der potenziellen Risikobelastung und damit einer Ausweitung der möglichen Zukunftskonstellationen bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Als Ergänzung der bestehenden Funktionalität, die bisher ausschließlich Preistrends abbildet, ist eine methodische Erweiterung denkbar. Mit Hilfe des Monte-Carlo-Verfahrens könnten zukünftige Holzpreisschwankungen aufgrund der Holzmarktdynamik berücksichtigt werden.

6.3 Zur Verwendung der Endwertverfahren der dynamischen Investitionsrechnung

In der Untersuchung werden verschiedene Methoden der dynamischen Investitionsrechnung dargestellt. Auf die Vor- und Nachteile der Kapitalwertmethode im Vergleich zur Methode des internen Zinssatzes soll nachfolgend nicht eingegangen werden. Allerdings werden die Grundverfahren der dynamischen Investitionsrechnung in der einschlägigen Literatur wiederholt kritisiert. Infolgedessen sollen weitere, im forstwissenschaftlichen Kontext jedoch bisher nicht verwendete Verfahren im Hinblick auf eine forstbetriebliche Anwendung zur Investitionsbeurteilung überprüft werden. Bei Bedarf können diese Verfahren für entsprechende Ent-

scheidungssituationen als funktionale Erweiterungen in das komponentenbasierte Modellkonzept, speziell in das Modul zur Investitionsrechnung integriert werden.

In vielen forstökonomischen Arbeiten wird der Kapitalwert als Beurteilungskriterium verwendet. Bei Entscheidungen zur Länge der Umtriebszeit und Fragestellungen zur Desinvestition von Altholz ist auch der Bodenertragswert sinnvoll. Schließlich findet sich auch gelegentlich der interne Zinsfuß als Kriterium zur Investitionsbeurteilung. Mit der Verwendung der Endwertverfahren wird nunmehr eine Erweiterung der üblicherweise in forstlichen Arbeiten verwendeten Modelle erreicht, die bisher nicht genutzte Chancen bieten kann.

Ein Vorteil ist zunächst die größere Anschaulichkeit des Vermögensendwertes. Für den Fall eines einheitlichen Kalkulationszinssatzes entspricht der Vermögensendwert dem mit dem Kalkulationszins auf den Zeitpunkt t aufgezinsten Kapitalwert. Für diese Situation ist eine Verwendung der Vermögensendwertmethode insofern aufschlussreich, als diese im Gegensatz zum Kapitalwert keine abstrakte, sondern eine anschaulichere Kennzahl liefert: Den Vermögensvorteil am Ende des Planungszeitraums.

Ein weiterer Vorteil ist die Aufgabe der Prämisse des sogenannten vollkommenen Kapitalmarktes. Gegenüber der Anlage der Eigenmittel zum Wiederanlagezinsfuß beim Kapitalwert, lässt sich der Vermögensendwert mit konkreteren Annahmen über die Kapitalkosten und die Wiederanlage von Rückflüssen aus dem Investitionsprojekt berechnen. Mit der Berechnung eines kritischen Sollzinsfußes kann auch der Kritik zur impliziten Wiederanlageprämisse bei der Methode des internen Zinsfußes begegnet werden.

Bei der Bewertung von Investitionen ist der Kalkulationszins stets eine zentrale Größe. Für die Festlegung kommt allerdings erschwerend hinzu, dass der Kalkulationszins unterschiedliche Funktionen erfüllen soll, häufig auch mehrere gleichzeitig. Sollen in einer Entscheidungssituation verschiedene Funktionen des Kalkulationszinses berücksichtigt werden, sind gerade die Endwertverfahren interessant. Zwei Zinsfüße erlauben es, die unterschiedlichen Funktionen differenzierter und transparenter in einer Kalkulation abzubilden.

Ein Merkmal der Endwertverfahren ist nun die Trennung des Kalkulationszinssatzes in einen Sollzins für die Finanzierung einer Investition und einen Habenzins für die Wiederanlage der Einzahlungsüberschüsse. Welche Folgerungen ergeben sich nun daraus für die Anwendung der Vermögensendwertverfahren im Bereich der Forstplanung? Lässt sich mit der Verwendung des Vermögensendwertes zur Investitionsbeurteilung eine Verbesserung gegenüber dem Kapitalwert erreichen oder besteht eher die Gefahr von Fehlbeurteilungen?

Der Vorteil der Annahme des vollkommenen Kapitalmarktes im Fall des Kapitalwertes besteht darin, dass das Investitionsprojekt aus dem konkreten Umfeld herausgelöst wird und sich somit isoliert betrachten lässt. Die konkreten Restriktionen des Investors spielen keine Rolle, das Modell des vollkommenen Kapitalmarktes befreit ihn davon. Sämtliche Wechselwirkungen zu den übrigen Investitionen bleiben unberücksichtigt. Der Vorteil der Isolierung aus der konkreten Umwelt ist aber gleichzeitig auch eine Schwäche. Die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit kann letztlich doch nicht ohne die konkreten Möglichkeiten des Investors erfolgen. Zusätzlich zur Ermittlung des Kapitalwertes muss, wenn der Kapitalwert das Projekt als lohnenswert ausweist, die Realisierungsmöglichkeit geprüft werden. Dies geschieht durch eine genauere Finanzplanung bzw. Finanzierungsplanung. Eigentlich ist eine mehrperiodige simultane Optimierung aller Investitionen (Mittelverwendung) und aller Finanzierungsquellen (Mittelherkunft) notwendig. Diese Modelle sind für die Praxis aber meist zu komplex, insbesondere bei Mehrperiodigkeit.

Verglichen mit dem oben erwähnten Finanzplan erscheint die Verwendung des Vermögensendwertes mit zwei Kalkulationszinsfüßen vergleichsweise einfach. Dennoch besteht durch das Endwertverfahren im Vergleich zu den Grundverfahren die Möglichkeit, zusätzlich zu den ursprünglichen Daten einer Investition auch weitere Daten aus Wiederanlagegeschäften in die Rechnung mit einzubeziehen. Eigentlich wird nicht mehr nur die zugrundeliegende Einzelinvestition, sondern ein komplettes und über die Investition hinausgehendes Anlageportefeuille kalkuliert. Mit der Wiederanlage bis zum Ende der Investitionsdauer wird allerdings für die Zukunft eine ganz bestimmte Anlagestruktur unterstellt, die allerdings nicht realisiert wird, wenn in späteren Jahren aufgrund besserer Zins- und Marktinformationen anders disponiert wird.

In der gegenwärtigen Spezifikation wird eine Kapitalentnahme zum Zwecke des Konsums nicht berücksichtigt. Für mindestens einen Teil der privaten Waldbesitzer in Deutschland trifft aber die Beschreibung zu, dass sie von ihrem Wald leben. Eventuell betreiben sie Einkommensmaximierung bei konstantem Endvermögen als Restriktion oder Endvermögensmaximierung bei konstantem Konsum. In beiden Fällen müsste der Konsum berücksichtigt werden. Der Verzicht auf jegliche Kapitalentnahme zum Zwecke des Konsums kann lediglich als Sonderfall von Endvermögensmaximierung bei konstantem Konsum betrachtet werden.

Als Zwischenfazit lässt sich festhalten, dass bei der Kapitalanlage und den Anlagealternativen das in der Untersuchung verwendete Verfahren die Investition ähnlich „isoliert" wie die Kapitalwertmethode, allerdings werden zwei Zinsfüße statt einem benutzt. Die Endwertverfahren erlauben explizite und frei wählbare Annahmen über die Wiederanlage von Investitionsrückzahlungen. Absolute Entscheidungsgröße und Vorteilhaftigkeitskriterium ist die Größe des

Vermögens zum Endzeitpunkt einer Investitionsperiode. Mögliche Interdependenzen zwischen Soll- und Habenzins bleiben aber unberücksichtigt.

Im Zusammenhang mit der Anwendung der Vermögensendwertmethode stellt sich auch die Frage nach der Höhe von Soll- und Habenzins in konkreten forstbetrieblichen Entscheidungssituationen. Gegen die Anwendung der Vermögensendwertmethode werden zum Teil Einwände erhoben, die meist darauf hinauslaufen, dass deren Anwendung in weiten Bereichen der Investitionsbeurteilung nicht notwendig bzw. nicht zweckmäßig ist. So ist die Anwendung der Vermögensendwertmethode gerade in den Fällen nicht notwendig, in denen die beiden Zinssätze nur marginal voneinander abweichen. Für praktische Zwecke wäre es in solchen Entscheidungssituationen sinnvoll, einen einheitlichen Kalkulationszins anzunehmen und aus diesem Grund auf die Kapitalwertmethode zurückzugreifen, wenn nicht explizit der Vermögensendwert bestimmt werden soll.

Die Anwendung der Vermögensendwertmethode ist für Fälle interessant, bei denen eine besondere Finanzierungs- und Anlagepolitik sowie deutlich voneinander abweichende Soll- und Habenzinssätze angenommen werden. Für die im Untersuchungsbetrieb vorliegende Entscheidungssituation ist ein nennenswerter Unterschied zwischen Soll- und Habenzins zu konstatieren. Der Waldbesitzer geht in diesem Fall von einem zwar geringen aber dennoch zu berücksichtigenden Sollzins aus. Die Abbildung dieser Rahmenbedingungen ist nur durch die Vermögensendwertmethode möglich.

Bei zwei Zinssätzen – Soll- und Habenzins – kann der Sollzins als ein finanzierungsorientierter Kalkulationszins interpretiert werden. Bei einer unterstellten Finanzierung mit Eigenkapital gibt der Sollzins die vom Investor geforderte Mindestrendite auf das Eigenkapital an. Wird unterstellt, dass eine Investition mit Fremdkapital finanziert wird, so ist der Sollzins der Zinssatz, der für die Überlassung von Fremdkapital berechnet wird. Alle Investitionen, deren Renditen auch nur geringfügig über den Fremdfinanzierungskosten liegen, sind demnach vorteilhaft.

Wird dem Unternehmen Fremdkapital zur Verfügung gestellt, so entstehen Kosten in Höhe eines vertraglich vereinbarten Zinssatzes. Stellt jedoch der Unternehmer bzw. Eigentümer selbst Kapital zur Verfügung, existiert keine eindeutig vorgegebene Zinshöhe. Das Eigenkapital ist in noch stärkerem Maß wie Fremdkapital stets risiko- und somit kostentragendes Kapital. Im Forstbetrieb ist der Eigenkapitalanteil gewöhnlich sehr hoch, da einer Fremdfinanzierung zu marktüblichen Zinsen nur geringe Renditen aus der Waldbewirtschaftung gegenüberstehen.

Für Eigenkapital, das einem größeren Risiko unterliegt als Fremdkapital, wird normalerweise eine über der Fremdkapitalverzinsung liegende Verzinsung gefordert. Erfolgt die Finanzierung einer Investition mit Eigenkapital, so werden die Kosten, die den Verzicht auf die beste und im Risiko vergleichbare alternative Verwendung beziffern, als kalkulatorische Eigenkapitalkosten bezeichnet. Der Eigenkapitalkostenansatz ist die Mindestforderung der Kapitalgeber an die Verzinsung des eingesetzten Kapitals. Das allgemeine Zinsniveau, modifiziert durch unternehmensindividuelle Einflussfaktoren, ist geeignet, die kalkulatorischen Eigenkapitalkosten zu bestimmen. Durch die Erfassung der kalkulatorischen Eigenkapitalkosten wird folglich der Umstand berücksichtigt, dass auch die Bereitstellung von Eigenkapital für neue Behandlungsmodelle mit Kosten verbunden ist, da der Kapitalgeber eine gewisse Mindestverzinsung seines gebundenen Kapitals erwartet.

Aufgrund von Vorteilen, die das Investment Wald bietet, wie z. B. die Sicherheit zukünftiger Erträge, eine große Umsatzrentabilität, steuerrechtliche Sonderbehandlung sowie eine flexible Verfügbarkeit über das Holzvorratsvermögen, ist ein Abschlag auf das allgemeine Zinsniveau denkbar. Diese Forderung an die Eigenkapitalverzinsung kann durchaus unterhalb der am Kapitalmarkt zu erzielenden Renditen liegen. Der Sollzinssatz stellt damit die geringe Rendite der Kapitalanlage Wald mit deren Sicherheit dar. Dieser bringt die langfristige Durchschnittsrentabilität der Vergangenheit zum Ausdruck. Die hohe Sicherheit dieser Kapitalanlageform ist angesichts volatiler Holzpreise und kalamitätsbegründeter Zwangsnutzungen allerdings nur relativ. Aufgrund der Schwierigkeit, den Zinsabschlag zu bemessen, können die Vorteile auch quantifiziert werden und als ideelle Cashflows berücksichtigt werden. Die zu führende Diskussion über den Abschlag auf das allgemeine Zinsniveau zur Bestimmung des Sollzinses entspricht genau dem Problem, das im Rahmen der Unternehmensbewertung bei der Bemessung des Risikoaufschlags zum Kalkulationszinsfuß besteht.

Die Bestimmung der Eigenkapitalkosten durch den Renditevergleich mit anderen Investitionsvorhaben mit ähnlichem Risiko und die Verwendung dieses Zinssatzes als Sollzins zeigt bereits opportunitätsorientierte Aspekte der Kalkulationszinsbestimmung. Dadurch wird deutlich, dass es eine strenge Trennung zwischen finanzierungs- und opportunitätsorientierter Sicht bei einer Eigenkapitalfinanzierung nicht gibt. Der Habenzins ist definitionsgemäß der Zins zu dem Einzahlungsüberschüsse angelegt werden und integriert demnach die möglichen Renditen anderer Anlagemöglichkeiten.

Da mit der Forstwirtschaft kaum die Renditen zu erzielen sind wie beispielsweise mit langfristigen Staatsanleihen, stellt sich die Frage, warum überhaupt am Wald im Portfolio festgehalten wird, obwohl eine vollständige Liquidation und die Alternativanlage eine höhere Rendite erbrächte. Wenn eine Wiederanlagemöglichkeit zu 6 % (Habenzins) besteht, dann ist

eine Zinsforderung an das Eigenkapital (Sollzins) von 3 % zunächst unplausibel niedrig. Die 6 % bilden quasi die Untergrenze der Opportunitätskosten des Eigenkapitals. Das Eigenkapital könnte direkt in die Kapitalanlage mit 6 % investiert werden bzw. das im Wald gebundene Kapital müsste vollständig freigesetzt und in die Kapitalanlage umgeschichtet werden. Wird der Bereich der mitteleuropäischen Forstwirtschaft verlassen und z. B. ein Plantagenforst in Südamerika betrachtet, ergibt sich ein anderes Bild. Bei internen Zinssätzen von bis zu 20 % stellt sich die Situation gänzlich anders dar.

Würden nun auch für die deutsche Forstwirtschaft realistische Finanzierungskosten unterstellt, müsste praktisch immer eine weitestgehende (bei wachsenden Waldbeständen bis zur Grenze des Weiserprozents bzw. des Grenzzinskriteriums = Habenzins) Desinvestition empfohlen werden. Die Vorzüge der Kapitalanlage in Wald sind allerdings bereits bei der Bestimmung des Sollzinses beschrieben worden. Dementsprechend soll die Entscheidung, an der Forstwirtschaft festzuhalten, nicht in Frage gestellt werden. Zu untersuchen ist indessen, wie hoch das im Wald gebundene Vermögen idealerweise sein sollte und wie der Holzvorrat im Forstbetrieb strukturiert sein sollte. Werden zusätzlich technische oder rechtliche Restriktionen eingeführt, die eine sofortige vollständige Desinvestition und Anlage zum Habenzins beschränken, müsste eine maximale bzw. eine bis zu den Restriktionen ausgedehnte Liquidation des Holzvorratskapitals empfohlen werden. Bei Konstellationen, wie in der mitteleuropäischen Forstwirtschaft, führt auch das Endwertverfahren nicht zu grundsätzlich anderen Handlungsempfehlungen als die der klassischen Verfahren. Es erlaubt aber eine differenziertere Berücksichtigung der Finanzierungskosten.

Diese Frage führt zur Bestimmung der Gesamtkapitalrentabilität, die sich einerseits aus den laufenden Einzahlungsüberschüssen des Forstbetriebes und andererseits aus den Kapitalerträgen der zum Habenzins angelegten laufenden Einkünfte ergibt. Sowohl die Anwendung progressiver Waldbaukonzepte als auch die damit häufig verbundene frühzeitige Liquidation von Holzvorratsvermögen und dessen Umschichtung in höherrentierliche Anlagen trägt zur Erhöhung der Gesamtrentabilität bei. Diese Kapitalreallokation und die Steigerung der Gesamtkapitalrendite ist allerdings auch mit einer Veränderung der Risikostruktur verbunden.

Weiterhin stellt sich die Frage, ob die Eigenkapitalkosten gegebenenfalls wegen fehlender Alternativen nicht mit Null angesetzt werden könnten. Wird z. B. unterstellt, dass der Waldbestand aus bestimmten Gründen nicht verkauft werden darf, ist ein Eigenkapitalkostenansatz von 0 % denkbar, da es keine echte Möglichkeit zur alternativen Kapitalanlage gibt. Aus streng opportunitätsorientierter Sicht wäre dieses denkbar. Wird allerdings von der oben beschriebenen finanzierungsorientierten Betrachtung ausgegangen, ist der Ansatz von Eigenkapitalkosten sinnvoll. Dies gilt umso mehr, als davon ausgegangen werden kann, dass für

forstbetriebliche Fragestellungen die Differenzen zwischen Soll- und Habenzinssätzen so groß sind, dass ein einheitlicher Kalkulationszins nicht die tatsächliche Finanzierungs- und Anlagepolitik abbilden würde.

Im Hinblick auf die praktische Verwendbarkeit sind die Überlegungen zur grundsätzlichen Zulässigkeit von Zinsfußkombinationen mit niedrigerem Sollzins ohne Belang, da die Ergebnisse in einem Rahmen von Zinsfußkombinationen ermittelt werden. Der Entscheidungsträger kann in jedem Fall auf den mit nur einem Zins ermittelten Endwert zurückgreifen oder Kombinationen mit höherem Sollzins wählen. Auch die Sperrung problematischer Kombinationen wäre programmtechnisch keine Schwierigkeit.

Bei den Endwertverfahren bleibt die Annahme bestehen, dass die zukünftigen Ein- und Auszahlungen mit Sicherheit prognostiziert werden können. Der hier gewählte deterministische Ansatz kann durch die Berücksichtigung des Risikos zu stochastischen Investitionsrechenverfahren (Risikoanalyse) erweitert werden. Weiterhin wird bei den investitionstheoretischen Berechnungen in dieser Untersuchung jeweils ein einziger und für alle Perioden einheitlicher Soll- und Habenzins angenommen. Damit bleibt unberücksichtigt, dass sich die Zinssituation an den Kapitalmärkten schnell verändern kann und die Zinsentwicklung entscheidenden Einfluss auf die Vorteilhaftigkeit von Investitionsvorhaben hat. Um diesen Einfluss zumindest abschätzen zu können, wird jeweils mit verschiedenen Zinssätzen für den Soll- (0 bis 4 %) und Habenzins (0 bis 6 %) kalkuliert.

In weiteren Untersuchungen wird es daher sinnvoll sein, die Zinsstruktur in das Investitionskalkül einzubeziehen und Veränderungen der Zinsstrukturen im Zeitverlauf abzubilden. Außerdem kann es lohnenswert sein, den partial orientierten Modellansatz auszubauen und komplette Investitionsprogramme zu betrachten, um damit die Investitionsentscheidungen um Programmentscheidungen zu erweitern. Zur methodischen Unterstützung können hierfür die Ansätze der linearen Programmierung in den vorgestellten Modellansatz stärker eingebunden werden.

6.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Bei der Entwicklung leistungsfähiger Instrumente zur Entscheidungsunterstützung bei forstbetrieblichen Fragestellungen ist der größte Erfolg durch eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der einzelnen forstwissenschaftlichen Teildisziplinen zu erwarten. Die forstliche Betriebsplanung sollte dabei die verschiedenen zur Verfügung stehenden Methoden und Instrumente integrieren und zielgerichtet für die Lösung forstbetrieblicher Planungsprobleme in der Praxis einsetzen.

Bei der Auswahl der methodischen Hilfsmittel ist zu berücksichtigen, dass die Betriebsplanung zukünftig einem erweiterten Betätigungsfeld gegenüberstehen wird, als dies bisher vielfach durch eine auferlegte Beschränkung auf die naturale Nachhaltskontrolle galt. Der Schwerpunkt liegt in einer stärker ökonomisch ausgerichteten Betriebsplanung, die steuerungsrelevante monetäre Kennzahlen ebenso liefert wie diese das Methodenspektrum der Investitionsplanung bereitstellen kann.

Mit dem vorliegenden Modellentwurf und dessen prototypischer Umsetzung wird dieser Weg beschritten. Nach einer „best of breed“-Strategie werden Komponenten mit unterschiedlicher Funktionalität zu einem Gesamtsystem kombiniert. Erfolgsfaktor für den aussichtsreichen Einsatz eines solchen Systems ist die Qualität der eingehenden Daten und Informationen. Eine Intensivierung der Planung ist allerdings nur dann gerechtfertigt, wenn die Plandatenbasis den gewünschten Qualitätsanforderungen genügt.

Ein dringender Forschungsbedarf liegt daher zunächst in der Weiterentwicklung von kostengünstigen Inventurverfahren bei weiterhin gesicherter oder verbesserter Informationsqualität. Die Entwicklungen im Bereich der Betriebsinventuren weisen den Weg. Statistisch abgesicherte und differenzierte Informationen zum Vorrat und zur Struktur des Vorrates bilden das Fundament für eine realitätsgerechte Planung. Die Nutzung leistungsfähiger Techniken der Informationsverarbeitung begünstigen den Prozess zusätzlich.

Wenngleich die Qualität der Information über den naturalen Ist-Zustand durch die eingesetzten Inventurverfahren hoch ist, besteht hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung, hier insbesondere bei den Zuwachsgrößen, weiterhin Unsicherheit. Eine ökonomische Planung, die auf derart unsicherer Erwartung aufbaut, ist nur bedingt nutzbar. Hier erbringen Betriebsinventuren spätestens nach der ersten Wiederholungsinventur relevante Daten, die eine wesentliche Verbesserung der Informationsqualität sicherstellen. Der Einsatz von positionsabhängigen Einzelbaumwachstumsmodellen, die eine individuelle Konfiguration und Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten erlauben, erhöht die Flexibilität, unterschiedliches Wuchsverhalten abzubilden.

In den Forstbetrieben wird durch den Druck die Wirtschaftlichkeit zu steigern, der Informationsbedarf zukünftig steigen. Insgesamt zeigt sich, dass die Voraussetzungen zur nachhaltsgerechten Steuerung von Forstbetrieben bei multidimensionalen Eigentümerzielen durch ein modernes Methodenspektrum gegeben sind. Aufgrund der engen finanziellen Spielräume der Forstbetriebe ist darauf zu achten, dass die Entwicklung entsprechender Informations- und Führungssysteme kostengünstig angeboten wird.

7 Zusammenfassung

Aufgrund der unbefriedigenden betriebswirtschaftlichen Situation ist die Konzeption von Strategien zur Verbesserung der Wirtschaftsergebnisse für viele Forstbetriebe eine existenzsichernde Aufgabe. Voraussetzung für die zielorientierte Ableitung strategischer Planungsentwürfe ist eine fundierte Plandatenbasis. Die Verfahren der Forsteinrichtung bedienen den Informationsbedarf nicht immer in dem erwarteten Umfang. Das Zuwachsgeschehen wird von den zur Verfügung stehenden Ertragstafeln im Vergleich zum tatsächlich geleisteten Zuwachs nur unzureichend genau prognostiziert. Die Erweiterung der naturalen Planung um ökonomische Zielgrößen erfolgt bisher nur gelegentlich. Unter diesen Verhältnissen können die Entscheidungen der Betriebsführung über die Ausrichtung der forstbetrieblichen Produktion das Erreichen der Wirtschaftsziele nicht immer sicherstellen.

Die geänderten Anforderungen verstärken den Anspruch, das klassische Planungs- und Kontrollsystem der Forsteinrichtung um neue integrative Verfahren und Module zu ergänzen und die methodische Einbindung der Forsteinrichtung in den gesamten betrieblichen Planungs- und Entscheidungsablauf sicherzustellen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Planungs- und Simulationsmodell (PSM) zur Steuerung und Kontrolle von Forstbetrieben entwickelt und beispielhaft erprobt. Der eigene Ansatz folgte der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre und berücksichtigte bei der Modellentwicklung das klassische Phasenmodell des Entscheidungsprozesses nach H. A. SIMON. Im Vordergrund standen dabei die mit strategischen Problemstellungen verbundenen Planungs- und Entscheidungsaufgaben im Forstbetrieb.

Auf der Basis des erarbeiteten Modellkonzeptes wurde ein datenbankgestützter Prototyp entwickelt. Dabei erlaubte ein komponentenorientiertes Vorgehen, die Nutzenpotenziale bereits vorhandener Teilmodule zielgerichtet in das Gesamtsystem zu integrieren, indem die einzelnen Module über spezifizierte Schnittstellen miteinander verbunden wurden. Somit können für eine Funktionalität (z. B. Einzelbaumwuchsmodell) alternative Module eingesetzt werden oder aber gegen neue Module mit erweiterter Funktionalität problemlos ausgetauscht werden.

Zur Erprobung der Anwendung wurde mit einem ca. 4.400 ha großen Untersuchungsbetrieb zusammengearbeitet, für den Ergebnisse einer Betriebsinventur vorlagen und dessen Zielsystem auch den Aspekt einer eigentümerunabhängigen Ergebnisinterpretation erlaubte. Auf rund 80 % der Wirtschaftswaldfläche stockt Fichte. Der Flächenanteil der Buche beträgt 12 %. Für die biologische Produktion gelten im Untersuchungsbetrieb die strategischen Ziele der Risiko- und Aufwandsreduktion sowie der Flexibilitäts- und Ertragssteigerung.

Das entwickelte Gesamtsystem besteht aus insgesamt vier Komponenten. Die Basis bildet ein Inventurmodul, das eine Schnittstelle zu dem integrierten Wachstumsmodul besitzt. In der vorliegenden Untersuchung wurde als Wachstumsmodul das Programm *SILVA* gewählt. Für die betriebswirtschaftliche Kalkulation der naturalen Fortschreibungsergebnisse fand das Programm *thar-get* Verwendung. Zur Bewertung der kalkulierten Zahlungsreihen wurden investitionstheoretische Funktionalitäten im Modul *Invest* verwendet.

Das Inventurmodul ist so gestaltet, dass die Anforderungen und Prozesse unterstützt werden, die sich aus dem Verfahrenskonzept der typenorientierten Kontrollstichprobe ergeben. Wesentliche Funktionalität des Inventurmoduls ist die Auswertung und Ergebnisaufbereitung von Betriebsinventuren. Zur Auswertung der Kontrollstichprobe stehen verschiedene Funktionen zur Auswahl. In Ergebnisdarstellungen und Grafiken wird beispielsweise die Holzvorratsstruktur nach Wuchsklassen differenziert mitgeteilt. Genauso ist die Darstellung der Vorratsverteilung in Abhängigkeit von Baumart und Altersklasse möglich. In Verbindung mit den ebenfalls dargestellten Ergebnissen der Verjüngungsinventur wurde eine detaillierte Beschreibung des waldbaulichen Zustandes im Untersuchungsbetrieb erreicht.

Zusätzlich werden in diesem Modul die Daten der klassischen Forsteinrichtung und die Ergebnisse der Standortserkundung verwaltet. Über eine Schnittstelle kann der Datentransfer zu einem Statistik-Standardprogramm für den Prozess-Schritt der Clusteranalyse erfolgen. Mit Hilfe der Clusteranalyse wurden getrennt nach den Bestandesklassen *„Fichte"* und *„Buche"* vollständige Typenkataloge abgeleitet. Für die Fichte wurden 27 Bestandestypen unterschieden. Differenzierungskriterien sind Wuchsklasse, Mischbaumart, Flächendeckung der Oberstandsbaumarten und Verjüngungsfortschritt der Bestände. Der Typenkatalog für die Bestandesklasse *„Buche"* umfasst 14 Bestandestypen.

Der weitere Planungsprozess stützte sich in der vorliegenden Untersuchung auf das Verfahrenselement der Typenkriterienansprache. Die Typenkriterienansprache entspricht im Konzept der typenorientierten Kontrollstichprobe, dem Verfahrenselement der Bestandesbeschreibung bei klassischer Inventur auf Ebene des einzelnen Bestandes. Die erhobenen Typenkriterien bildeten die Grundlage für eine Poststratifizierung. Dazu wurden die Stichprobenpunkte anhand der für den umgebenden Bestand angesprochenen Typenkriterien gruppiert. Aus der Menge der erhobenen Typenkriterien ist eine Auswahl getroffen worden. Mit Hilfe eines clusteranalytischen Verfahrens wurden so genannte Bestandestypen identifiziert, denen eine Menge von Stichprobenpunkten zugeordnet sind.
Die dendrometrischen Erhebungen an den Stichprobenpunkten dienten anschließend dazu, Baumlisten für die abgeleiteten Bestandestypen zu erstellen. Eine Baumliste ist eine Liste mit allen Baumdaten eines Bestandestyps, die über eine Schnittstelle zur Bestandesfortschreibung

SILVA bereitgestellt werden kann. Die auf diesem Weg erzeugten Modellbestände haben einen unmittelbaren Bezug zur betrieblichen Realität und werden als typentypische Bestände bezeichnet. Die Summe der typentypischen Bestände repräsentiert bis auf einen geringen Flächenumfang mit besonderen Bestockungssituationen, für die keine ausreichende Anzahl von Stichprobenpunkten vorliegen, die gesamte Betriebsfläche.

Die Wachstumssimulation erfolgte mit dem Programm *SILVA*. Die verwendeten Behandlungskonzepte und Eingriffsstrategien orientierten sich an der betrieblichen Ist-Situation. Auf Basis der betrieblichen Vorgaben wurde eine gesamtbetriebliche Referenzvariante für die Dauer von 30 Jahren simuliert. Innerhalb der Referenzvariante wurde für jeden typentypischen Bestand ein naturales Leitbild entwickelt. Die Ergebnisse auf der Ebene des einzelnen typentypischen Bestandes wurden mit dem jeweiligen Flächenumfang gewichtet und zu gesamtbetrieblichen naturalen Ergebniskennzahlen verdichtet.

Für eine wirklichkeitsnahe Simulation erfolgte eine standörtliche Adjustierung des Wachstumssimulators *SILVA*, um die Altershöhenbeziehung auf die im Untersuchungsbetrieb geltenden Verhältnisse anzupassen. Diese betriebsspezifischen Standortsleistungsmodelle in Form von CHAPMAN-RICHARDS-Funktionen sind aus den Ergebnissen der Stichprobendaten abgeleitet worden.

Die sich aus der Referenzvariante ergebenden naturalen Entwicklungsverläufe wurden mit Hilfe des Kalkulationsmoduls zu Zahlungsreihen konsolidiert. Durch eine Vorbelegung des Kalkulationsmoduls mit den tatsächlichen betrieblichen Kosten- und Erlösdaten ist eine realitätsgerechte und differenzierte monetäre Bewertung sichergestellt. Als Zusatzfunktion bietet das Kalkulationsmodul die Möglichkeit, zusätzlich zu einer statischen Sicht die Kosten- und Erlösdaten im Zeitverlauf auch zu modifizieren, um während des Simulationszeitraumes unterschiedliche Kosten- und Erlöshöhen zu verschiedenen Zeitpunkten unterstellen zu können.

Für eine abschließende Bewertung der naturalen und finanziellen Ergebnisse, die sich aus der Simulation der Referenzvariante ergeben, wurde die pagatorische Darstellung durch eine investitionstheoretische Sicht ergänzt. Durch die Integration eines Bewertungsmoduls in das Gesamtsystem ließen sich die in der 30-jährigen Fortschreibungsperiode anfallenden Zahlungen auf einen Entscheidungszeitpunkt verdichten. Als Kennzahlen zur Beurteilung von Investitionen stehen neben Kapitalwert und internem Zinssatz erweiterte Kennzahlen aus dem Bereich der dynamischen Investitionsrechnung zur Auswahl. Dazu zählen der modifizierte interne Zinssatz nach BALDWIN sowie der Vermögensendwert. Zusätzlich zur monetären Vorratsbewertung wurden damit Aspekte des Asset-Management berücksichtigt. Den Verantwortlichen im Forstbetrieb stehen mit der Berechnung dieser Kennzahlen zusätzliche

Steuerungs- und Kontrollgrößen zur Verfügung, die auch für ein externes Controlling genutzt werden können.

Die Bewertung der Referenzvariante, die aus heutiger betrieblicher Sicht die optimale Bewirtschaftungsvariante definiert, zeigte auf der Ebene der naturalen Ergebnisse eine nicht erwünschte Steigerung des Vorratswertes. Eine Analyse der Gründe für die Vorratsakkumulation erbrachte, dass insbesondere bei bereits verjüngten Bestandestypen die Nutzung nach dem gegenwärtig gültigen Zieldurchmesser für Fichte in der Überlappungsphase zu einer nicht zielkonformen Überschirmungsdauer und -dichte führt. Gleichzeitig ergaben die Ergebnisse der Wertzuwachsberechnung für diese Bestandestypen eine Größenordnung, die aus investitionstheoretischer Sicht zu einem Überdenken der bisher gewählten Strategie führen sollte.

Um die Auswirkungen alternativer Zieldurchmesser für die Fichte zu untersuchen, sind zusätzliche Simulationsläufe durchgeführt worden. Dazu sind die Zieldurchmesser der Fichte für Bestandestypen mit vorhandener Verjüngung nach unten variiert worden. Die Resultate dieser naturalen Szenarioanalyse wurden analog zur Referenzvariante durch Ableitung naturaler und monetärer Kennzahlen aufbereitet und mit den Ergebnissen der Referenzvariante verglichen. Ein Vergleich der Vermögensendwerte zeigt die Vorteilhaftigkeit geringerer Zieldurchmesser gegenüber des gegenwärtig im Betrieb angesetzten Zieldurchmessers für Fichte.

Mit dem vorgestellten Modellkonzept und der Entwicklung eines modularen Prototyps, der verschiedene Module integriert, ist ein Ansatz zur nachhaltsgerechten Steuerung von Forstbetrieben umgesetzt worden, der neben der naturalen Nachhaltskontrolle auch die finanzielle und vermögenswirksame Ebene einbezieht. Der weitere Forschungsbedarf ergibt sich zum einen durch die weitere Integration der einzelnen Module und der Bereitstellung einer dialogorientierten Benutzerschnittstelle. Zum anderen ist die stärkere Integration des hier vorgestellten Ansatzes im Bereich der mittel- und langfristigen Planung auf die jährliche und unterjährige Steuerung des Forstbetriebes sicherzustellen. Neben diesem das Gesamtsystem betreffenden Forschungsbedarf, sind die einzelnen Module unabhängig voneinander weiterzuentwickeln, um den gesteigerten Informationsbedarf und die gewünschte Flexibilität abzudecken.

Literatur[446]

ABEL, H. (1995): Neue Steuerungsmodelle in der Forstwirtschaft. Gemeinde und Stadt (11). S. 289–293.

ABEL, H.; TEMME, L. (1996): Konzeption und Einführung des neuen Steuerungsmodells in der Landesforstverwaltung. Detaillierte Darstellung eines Pilotprojektes. In: STAATSKANZLEI RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.) (1996): Budgetierung und Controlling in der öffentlichen Verwaltung von Rheinland-Pfalz. Dargestellt an Beispielen aus der Kommunal-, Schul-, Finanz- und Forstverwaltung. Voran, Heft 4. S. 21–53.

ABETZ, P. (1975): Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung von Fichtenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift 30 (33/34). S, 666–667.

ABETZ, P. (1990): Müssen wir in der waldbaulichen Behandlung der Fichte wieder umdenken? Forstwissenschaftliches Centralblatt 109 (2). S. 79–85.

ABETZ, P. (1993): Waldbauliche Möglichkeiten zur Minderung der Industrieholzproduktion. In: BARTELHEIMER, P.; MOOG, M.; VOLZ, K.-R. (Hrsg.) (1993): Perspektiven für Angebot und Nachfrage auf den Industrieholzmärkten. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt Nr. 127. S. 10–25.

ABETZ, P.; OHNEMUS, K. (1999): Überprüfung von Z-Baum-Normen für Buche anhand einer Versuchsfläche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 170 (9). S. 157–165.

ADRIAANS, P.; ZANTINGE, D. (1998): Data mining. Harlow [u. a.]: Addison-Wesley. 158 S.

AICHINGER, E. (1954): Statische und dynamische Betrachtung in der pflanzensoziologischen Forschung. In: LÜDI, W. (Hrsg.) (1954): Aktuelle Probleme der Pflanzensoziologie, Heft 29. Bern: Huber. S. 9–28.

AKÇA, A.; KAHN, M.; ROSCH, R. (1989): Vorratsinventur und Nutzungsplanung in einem Beispielbetrieb für naturnahe Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Forst und Holz 44 (17). S. 451–455.

AKÇA, A.; BEISCH, TH.; RÜMLER, R. (1996): Zur Planung und Kontrolle in einem Beispielbetrieb für naturnahe Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen mit Hilfe von permanenten Probeflächen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 167 (9/10). S. 15–20.

ALBERT, G.; WOMELSDORF, G. (1989): Reinerträge der Hauptwirtschaftsbaumarten in Rheinland-Pfalz. Modellkalkulation 1987. Mitteilungen Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz, Nr. 7. S. 52.

ALBERT, M. (1999): Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderungen und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen. Hainholz Forstwissenschaften, Bd. 6. Göttingen [u. a.]: Hainholz. 181 S.

ALTHERR, E. (1981): Erfahrungen bei der Anwendung quanitifizierter Durchforstungshilfen in Buchenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift 36 (22). S. 552–554.

ALTHERR, E.; UNFRIED, P. (1984): Zur Wasserreiser-Entwicklung bei der Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 108. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. S. 59–65.

ANAHORY, S.; MURRAY, D. (1997): Data warehouse. Planung, Implementierung und Administration. Bonn [u. a.]: Addison-Wesley. 407 S.

ANDERS, S. (2001): Waldökologie und Forsteinrichtung in gemeinsamer Verantwortung für die Perspektive forstlicher Inventuren. 56 Allgemeine Forstzeitschrift (23). S. 1228–1231.

ANDRAE, F. (1990): Überragende Ergebnisse bei betrieblichen Forstinventuren. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 107 (4). S. 203–231.

ANONYMUS (1997): Waldbaurichtlinien für den Untersuchungsbetrieb. Unveröffentlichtes Manuskript. 52 S.

ANONYMUS (1998): Exkursionsführer im Bayerischen Forstamt Lichtenfels. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 79–103.

[446] Die Anordnung der Literaturquellen ist alphabetisch. Die Umlaute ä, ö, ü werden wie die nicht umgelauteten Vokale (Selbstlaute) a, o, u, au behandelt. Die Schreibungen ae, oe, ue werden nach ad usw. eingeordnet. Der Buchstabe ß wird wie ss eingeordnet. Bei gleich lautenden Wörtern steht das Wort mit ß vor dem mit ss.

ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG. Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung (1990): Stand und Entwicklung der Betriebsinventur auf Stichprobenbasis in der Bundesrepublik Deutschland. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 60 S.

ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG. Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung (1997): Forsteinrichtung in strukturreichen Wäldern. Ein Leitfaden zur Weiterentwicklung der Inhalte und Verfahren. Wolfenbüttel: Niedersächsisches Forstplanungsamt. 101 S.

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (1985): Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke in der Bundesrepublik Deutschland. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH. 170 S.

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (1996): Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 5. Auflage. Eching bei München: IHW-Verlag. 352 S.

ARROW, K.J. (1971): Essays in the theory of risk-bearing. Amsterdam: North-Holland Publ.Co.. 278 S.

ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. BLV Verlagsgesellschaft München [u.a.]: 490 S.

ASSMANN, E. (1965): Buchenlichtwuchsbetrieb. Forstwissenschaftliches Centralblatt 84 (6). S. 329–346.

ASSMANN, E.; FRANZ, F. (1972): Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern 1963. 2. Auflage. München: Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München. 104 S.

BACHER, J. (1996): Clusteranalyse. Anwendungsorientierte Einführung. 2. Auflage. München [u. a.]: Oldenbourg. 424 S.

BACHMANN, P. (1987a): Wertzuwachsuntersuchungen. Bessere Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. Österreichische Forstzeitung 98 (9). S. 50–52.

BACHMANN, P. (1987b): Wertzuwachsuntersuchungen für die Verjüngungsplanung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 158 (4). S. 62–67.

BACHMANN, P. (1990): Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 327. 73 S.

BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R. (1996): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 8., verb. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer. 591 S.

BACKMAN, G. (1942): Das Wachstum der Bäume. In: Wilhelm Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. 141. Berlin: Springer. S. 455–499.

BALDWIN, R.H. (1959): How to assess investment proposals. Harvard Business Review (3). S. 98–104.

BAMBERG, G.; COENENBERG, A.G. (2000): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 10., überarb. u. erw. Auflage. München: Vahlen. 328 S.

BARTELHEIMER, P. (2001): Wirtschaft und Holzmarkt 2000/2001. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (18). S. 944–951.

BARTELHEIMER, P.; MOOG, M.; VOLZ, K.-R. (Hrsg.) (1993): Perspektiven für Angebot und Nachfrage auf den Industrieholzmärkten. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt Nr. 127. 89 S.

BASSE, D. (2002): Harvestertechnologie in naturnaher Waldwirtschaft. Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen, Heft 2. Recklinghausen: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen. S. 43–46.

BAUER, A. (Hrsg.) (2001): Data-warehouse-Systeme. Architektur, Entwicklung, Anwendung. Heidelberg: dpunkt-Verlag. 579 S.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1990): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Auflage 1990. 334 S.

BECHER, G. (1999): Waldzustandsanalyse mit multivariaten Verfahren. Theoretische Grundlagen und Anwendungen. Berlin [u. a.]: Springer. 312 S.

BECHTER, W. (1977): Das Wachstum der Fichte im Wuchsgebiet Baar-Wutach. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 49. Stuttgart: Selbstverlag der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 167 S.

BECK, O.A. (1999): Inventur, Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. Forst und Holz 54 (22). S. 697–700.

BECK, O.A.; WESTPHAL, B. (1996): Zielstärkennutzung oder Niederdurchforstung. Ein Simulationsvergleich in einem 85-jährigen Fichtenaltholz. Forst und Holz 51 (7). S. 212–215.

BECK, O.A.; ZELLMANN, H. (1998): Budgetierung und Budgetkontrolle auf Forstamtsebene. Forst und Holz 53 (2). S. 54–57.

BECKER, D.; FREIST, H. ØLLGAARD, M. (1989): Zielstärkennutzung und Buchenrotkern. Forst und Holz 44 (1). S. 12–14.

BEER, W. (1998): Was ist Clusteranalyse? 6 S. *http://www.op.dlr.de/~pa2j/dip/node9.html.*

BEHRNDT, M. (1989): Einflüsse des Holzmarktes auf die Ertragslage der Forstwirtschaft der Bundesrepublik. Eine Studie zur instrumentalen Bedeutung der Holzpreisstabilisierung. Göttingen: Dissertation. 285 S.

BENTRUP, H.-H. (1992): Naturnahe Waldwirtschaft als Zukunftsaufgabe. Wald 2000. AFZ 47 (4). S. 160–163.

BERGEN, V.; MOOG, M.; KIRSCHNER, C.-M.; SCHMID, F. (1988): Analyse des Nadelstammholzmarktes in der Bundesrepublik Deutschland und dessen Beeinflussung durch Waldschäden. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 92. Frankfurt am Main: Sauerländer. 60 S.

BERGEN, V.; LOEWENSTEIN, W.; OLSCHEWSKI, R. (2002): Forstökonomie. Volkswirtschaftliche Grundlagen. München: Vahlen. 469 S.

BERGER, M. (1997): Controlling mit Kennzahlen im Forstbetrieb. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. Aachen: Shaker. 281 S.

BERNASCONI, A. (1995): Von der Nachhaltigkeit zu nachhaltigen Systemen. Forstliche Planung als Grundlage nachhaltiger Waldbewirtschaftung. Zürich: Dissertation. 164 S.

BERNAUER, B. (1981): Zielstärkennutzung und Wertleistung. Forst und Holz 36 (8). S. 178–182.

BERTALANFFY, L. V. (1957): Wachstum. Handbuch der Zoologie, Bd. 8. Berlin: DeGruyter. 68 S.

BIBER, P.; ĎURSKÝ, J.; POMMERENING, A.; PRETZSCH, H.; SEIFERT, E.; SEIFERT, TH. (2000): SILVA 2.2 – Benutzerhandbuch. Version vom 10.04.2000. Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München. 179 S.

BIERMAYER, G. (1995): Überlegungen zur Forsteinrichtung in Bayern. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 74–75.

BIERMAYER, G. (1998): Betriebswirtschaftliche Ziele und Instrumente der Forsteinrichtung im Staatswald Bayerns. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 2–10.

BIERMAYER, G. (2000a): Die Früchte des Aufbaus ernten. Allgemeine Forstzeitschrift 55 (8). S. 432–433.

BIERMAYER, G. (2000b): Naturnaher Waldbau. Forst und Holz 55 (11) S. 347–350.

BIETHAN, J. (1987): Simulation – eine Methode zur Findung betriebswirtschaftlicher Entscheidungen. In: BIETHAN, J.; SCHMIDT, B. (Hrsg.) (1987): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Bd. 1. Fachberichte Simulation, Bd. 6. Berlin [u. a.]: Springer. S. 79–93.

BIETHAN, J. (Hrsg.) (1995): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe. Neuere Werkzeuge und Anwendungen aus der Praxis. Proceedings. Göttingen: Inst. für Wirtschaftsinformatik. 266 S.

BIETHAN, J. (Hrsg.) (1999): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe. State of the art und neuere Entwicklungen. Heidelberg: Physica-Verlag. 292 S.

BIETHAN, J. (Hrsg.) (2000): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe. Neuere Werkzeuge und Anwendungen aus der Praxis. Proceedings. Göttingen: Inst. für Wirtschaftsinformatik. 343 S.

BIETHAHN, J.; MUCKSCH, H.; RUF, W. (2000): Ganzheitliches Informationsmanagement. Band 1: Grundlagen. Unwes. veränd. Aufl.. München [u.a.]: Oldenbourg. 455 S.

BISKUP, J. (1995): Grundlagen von Informationssystemen. Braunschweig: Vieweg. 543 S.

BITTER, A.W. (1990): EDV-gestützte Unternehmensführung im Forstbetrieb mit Hilfe eines flächenbezogenen Betriebsinformationssystems. Göttingen: K. Pachnicke. 288 S.

BITTER, A.W. (1991): Auswirkungen eines Orkanschadens in einem Privatforstbetrieb. Analyse mit Hilfe eines flächenbezogenen Betriebsinformationssystems. Forst und Holz 46 (17). S. 481–486.

BITTER, A.W. (1994): Aufgaben der Forsteinrichtung im Rahmen einer multifunktionalen Forstwirtschaft. Forst und Holz 49 (6). S. 162–165.

BITTER, A.W. (1998a): Von der typenorientierten Kontrollstichprobe zur Budgetherleitung. Ein Verfahrenskonzept. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 31–47.

BITTER, A.W. (1998b): Die typenorientierte Kontrollstichprobe als Verfahrenskonzept für die Forsteinrichtung In: SEKOT, W. (Hrsg.) (1998) Beiträge zur Forstökonomik. Festschrift für Prof. Dr. W. Sagl. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaftslehre und Forstwirtschaftspolitik, Bd. 32. Wien: Eigenverlag des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik. S. 49–68.

BITTER, A.W. (2001): Anmerkungen zur Auswahl von ökonomischen Nachhaltigkeitsindikatoren für den Forstbetrieb. Forst und Holz 56 (15). S. 482–485.

BITTER, A.W. (2002): Zukunftsorientierte Forsteinrichtung – Instrument zur nachhaltsgerechten Steuerung von Forstbetrieben. In: KÖPF, E. U. (Hrsg.): Raum und Zeit – Dimensionen der Forstwirtschaft. Tagungsband zum Ehrenkolloquium anlässlich des 70. Geburtstages von Herrn Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Horst Kurth am 19. April 2001 in Tharandt an der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden. Tharandt: Institut für Forstökonomie und Forsteinrichtung. S. 79–94.

BITTER, A.W.; MERREM, M. (1996): Typenorientierte Kontrollstichprobe als Basis für die mittelfristige Planung. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Beiträge zur Jahrestagung. S. 120–131.

BITTER, A.W.; MERREM, M. (1998a): Typenorientierte Kontrollstichprobe. Konzept und Verfahrensweise. Allgemeine Forstzeitschrift 53 (23). S. 1414–1417.

BITTER, A.W.; MERREM, M. (1998b): Entwicklung eines integrierten Betriebskonzeptes für einen ökologisch orientierten Waldumbau in der Waldgemeinschaft „Kirchenforst Oberlausitz“. Unveröffentlichter Abschlussbericht zum Forschungsprojekt an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. 85 S.

BITTER, A.W.; EILERMANN, F. (1998c): Entscheidungshilfen für einen ökologisch begründeten Waldumbau. In: NEBE, W.; ROLOFF, A.; VOGEL, M. (Hrsg.) (1998): Untersuchungen von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Bd. 4. Dresden: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden, Tharandt. S. 217–226.

BITTER, A.W.; FÜRST, CHR. (2001): Nachhaltsgerechte Verfahren und ökologische Prozesse eines Umbaus von Fichten- und Kiefernreinbeständen zu naturnahen Wäldern. Teilprojekt. Wertinventur und Wertkontrolle. Unveröffentlichter Statusbericht. Tharandt: Institut für Forstökonomie und Forsteinrichtung. Keine Zählung.

BITZ, M. (1981): Entscheidungstheorie. München: Vahlen. 439 S.

BITZ, M. (1993): Betriebswirtschaftstheorie I. Investition. Fachbereich Wirtschaftswissenschaften. Fernuniversität Hagen. 128 S.

BLOHM, H.; LÜDER, K. (1995): Investition. 8. aktual. u. erg. Auflage. München: Vahlen 372 S.

BÖCKMANN, TH. (1990): Wachstum und Ertrag der Winterlinde (Tilia cordata Mill) in Niedersachsen und Nordhessen. Göttingen: Dissertation. 143 S.

BÖCKMANN, TH.; SABOROWSKI, J.; DAHM, ST.; NAGEL, J.; SPELLMANN, H. (1998a): Die Weiterentwicklung der Betriebsinventur in Niedersachsen. Forst und Holz 53 (8). S. 219–226.

BÖCKMANN , TH.; SPELLMANN, H.; HÜSING, F. (1998b): Neukonzeption und Weiterentwicklung der Forsteinrichtung in Niedersachsen. Forst und Holz 53 (10). S. 298–302.

BONHAM-CARTER, G.F. (1994): Geographic information systems for geoscientists. Modelling with GIS. New York: Pergamon Press. 398 S.

BORCHERS, J. (1998): Transformation von Forstbetrieben in selbständige Unternehmen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 169 (8). S. 137–144.

BÖRNER, M. (1997): Zu Wachstum und Wachstumsreaktion der Rotbuche (Fagus sylvatic L.) nach Freistellung im fortgeschrittenen Alter. Eine einzelbaumorientierte Untersuchung waldwachstumskundlicher und betriebswirtschaftlicher Aspekte der sogenannten Zieldurchmesserernte. Studien zur Forstwissenschaft 03. München [u. a.]: Lincom Europa. 210 S.

BÖRNER, M. (2002): Zieldurchmesser und Rotkern bei der Buche. Forst und Holz 57 (5). S. 123–128.

BÖRNER, M.; ROEDER, A. (1994): Zuwachs und wirtschaftliche Leistung eines 124-jährigen Fichtenbestandes. Allgemeine Forstzeitschrift 49 (25). S. 1382–1383.

BORTZ, J. (1999): Statistik für Sozialwissenschaftler. 5., vollst. überarb. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer. 836 S.

BOYCE, ST.G. (1985): Forestry decisions. General technical report, 35. Asheville, NC: USDA forest service. Southeastern forest experiment station. 318 S.

BRABÄNDER, H.D. (1983): Naturgemäße Waldwirtschaft aus betriebswirtschaftlicher Sicht. Forstarchiv 54 (2). S. 39.

BRABÄNDER, H.D. (1991): Inventurgestützte betriebliche Angebotsplanung. Forstarchiv 62 (4). S. 155–157.

BRABÄNDER, H.D. (1994): Rationalisierungsmöglichkeiten im Forstbetrieb – Neue Organisationsstrukturen in der Forstwirtschaft. Berichte und Studien der Hanns-Seidel-Stiftung e.V., Bd. 67, Reihe Agrarpolitik Bd. 6. München: Hanns-Seidel-Stiftung. S. 171–190.

BRANDL, H. (1992): Wirtschaftliche Möglichkeiten der Forstbetriebe. Forstwissenschaftliches Centralblatt. 111 (5). S. 269–281.

BRAUERS, J.; WEBER, M. (1986): Szenarioanalyse als Hilfsmittel der strategischen Planung. Methodenvergleich und Darstellung einer neuen Methode. Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre 56 (7). S. 631-652.

BRÄUNIG, R.; DIETER, M. (1999): Waldumbau, Kalamitätsrisiken und finanzielle Erfolgskennzahlen. Eine Anwendung von Simulationsmodellen auf Daten eines Forstbetriebes. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 18. Frankfurt am Main: Sauerländer. 149 S.

BRAZEE, R.J.; NEWMAN, D.H. (1997): Forest decision-making in an uncertain world. Journal of forest economics 3 (2). S. 105–106.

BRAZEE, R.J.; NEWMAN, D.H. (1999): Observations on recent forest economics research on risk and uncertainty. Journal of forest economics 5 (2). S. 193–200.

BROOKS, D.G.; VODAK, M.C.; HOKANS, R.H. (1984): Computer programs for forest investment analysis. The southern journal of applied forestry 8 (2). S. 79–84.

BROSINGER, F. (2001): Fichten-Starkholz im bayerischen Staatswald. Situation und Entwicklung. 56 Allgemeine Forstzeitschrift (22). S. 1170–1172.

BROSINGER, F.; ROTHE, A.; PRETZSCH, H.; BIBER, P.; MOSHAMMER, R.; MÖßMER, R.; MAI, W. (2001): Fichtenstarkholz: Einst zu wenig, jetzt zu viel? Holzzentralblatt 127 (87). S. 1123.

BRÜGGEMEIER, M. (1998): Controlling in der öffentlichen Verwaltung: Ansätze, Probleme und Entwicklungstendenzen eines betriebswirtschaftlichen Steuerungskonzeptes. 3., verb. und aktual. Auflage. München [u. a.]: Hampp. 335 S.

BÜHL, A.; ZÖFEL, P. (2000): SPSS Version 9. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 6., überarb. u. erw. Auflage. München [u. a.]: Addison-Wesley. 686 S.

BUNDESFINANZMINISTER (1956): Richtlinien für die Bemessung von Nutzungssätzen. Bundesfinanzminster IV B/2 – S2143 – 12/56 vom 28.04.1956. In: SPEIDEL, G. (1972): Planung im Forstbetrieb. Hamburg [u. a.]: Parey. S. 246–251.

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.) (diverse Jahrgänge): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.

BURGER, D. (1970): Das Problem der wirtschaftlichen Entscheidung im Forstbetrieb und Ansätze zu seiner Lösung. Freiburg i. Br.: Dissertation. 280 S.

BURGER, D. (1971): Modell und Wirklichkeit in der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Forst und Holz 26 (10). S. 197–202.

BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1987): Grundriss des Waldbaus. Hamburg [u. a.]: Parey. 352 S.

BURSCHEL, P. (1990): Waldumbau – Belastung für die Gegenwart – Hoffnung für die Zukunft. Allgemeine Forstzeitschrift 45 (3). S. 57–59.

BUTTER, D. (1996): Forsteinrichtung in Sachsen – Betriebsregelung in Schutzgebieten. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 132–138.

CARSTENS, A.; FISCHER, U.; KAMPMEIER, W. (1997): Digitale luftbildgestützte Waldkartierung als Grundlage flächendeckender Forsteinrichtung. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (24). S. 1328–1330.

CHAMONI, P. (Hrsg.) (1999): Analytische Informationssysteme. Berlin [u. a.]: Springer. 484 S.

CHANG, S.J. (1998): A generalized Faustmann model for the determination of the optimal harvest age. Canadian journal of forest research 28 (5). S. 652–659.

CHEN, B. (1991): Computersimulation als universelle Methode für die optimale betriebswirtschaftliche Entscheidungssuche. In: BIETHAN, J.; HUMMELTENBERG, W.; SCHMIDT, B. (Hrsg.) (1991): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Bd. 2. Fachberichte Simulation, Bd. 15. Berlin [u. a.]: Springer. 238 S.

COOKE, D.F. (1992): Spatial decision support system. Not just another GIS. Geo Info Systems 2 (5). S. 46–49.

CROSSLAND, M.D.; WYNNE, B.E.; PERKINS, W.C. (1995): Spatial decision support systems. An overview of technology and a test of efficacy. Decision Support Systems 14 (3). S. 219–235.

CYERT, R.M.; MARCH, J.G. (1999): A behavioral theory of the firm. 2. edition, repr.. Cambridge [u. a.]: Blackwell. 252 S.

CZERANKA, M. (1996): Spatial decision support systems in Naturschutz und Landschaftspflege? Umsetzungsaspekte für raumbezogene Planung.
http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers96/czeranka.htm.

DAUME, ST. (1999): Forstliche Expertensysteme. Assistenten oder Konkurrenten? Allgemeine Forstzeitschrift 54 (18). S. 950–952.

DAVIS, G.B. (Hrsg.) (1997): The Blackwell encyclopedic dictionary of management information systems. Oxford [u. a.]: Blackwell. 263 S.

DEEGEN, P.; STÜMER, W.; VILLA, W.; PRETZSCH, H. (2000): Zur finanziellen Analyse der Waldpflegeentscheidung bei Berücksichtigung der Biodiversität, dargestellt am Beispiel der Fichte in Sachsen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 119. (4). S. 226–244.

DEGENHARDT, A.; POMMERENING, A. (1999): Simulative Erzeugung von Bestandesstrukturen auf der Grundlage von Probekreisdaten.
http://www.wwk.forst.uni-muenchen.de/wwk/People/apommer/Biomet/Biom99endg.htm.

DENSBORN, ST. (1999a): Betriebssimulation. Instrument für die strategische Planung im Forstbetrieb. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg i. Br. , Bd. 11. Freiburg i. Br.: Institut für Forstökonomie. 152 S.

DENSBORN, ST. (1999b): Mit Planungstechniken Auswirkungen eines Waldumbaus erfassen. Fallbeispiel Pfälzerwald. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (25). S. 1353–1357.

DENSTORF, H.-O.; WEINBERG, TH. (2001): Waldbaustrategien zur langfristigen Sicherung der Unternehmensziele. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (2). S. 91–94.

DETERS, J. (1990): Mensch und Betriebswirtschaftslehre. Zur Entwicklung und Kritik der verhaltenstheoretischen Betriebswirtschaftslehre als individualistisches Wissenschaftskonzept. Stuttgart: Poeschel. 583 S.

DEUTSCHE BUNDESBANK (2001): Diverse Zinssätze
http://www.bundesbank.de/stat/zeitreihen/index.htm.

DIETER, M. (1997): Berücksichtigung von Risiko bei forstbetrieblichen Entscheidungen – dargestellt am Beispiel des Voranbaus in Fichtenreinbeständen. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 16. Frankfurt am Main: Sauerländer. 211 S.

DIETER, M. (2001): Land expectation values for spruce and beech calculated with Monte Carlo modelling techniques. For.Pol.Econ 2 (2). S. 157–166.

DIETERICH, V. (1953): Forstwirtschaftspolitik. Hamburg [u. a.]: Parey. 398 S.

DIETZE, D. (1995): Untersuchungen zur permanenten Stichprobeninventur im Forstamt Tharandt. Diplomarbeit. 57 S.

DINKELBACH, W. (1982): Entscheidungsmodelle. Berlin [u. a.]: DeGruyter. 285 S.

DÖBBELER, H.; ALBERT, M.; SCHMIDT, M.; NAGEL, J. (2002): BWINPRO – Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 6.0. Keine Zählung.

DONG, P.H. (1995): Zur Frage der Zielstärkennutzung bei Fichte. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 99–106.

DÖRNHÖFER, K. (1987): Lösung von Optimierungsproblemen durch Simulation. In: BIETHAN, J.; SCHMIDT, B. (Hrsg.) (1987): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Bd. 1. Fachberichte Simulation, Bd. 6. Berlin [u. a.]: Springer. S. 61–70.

DUCHIRON, M.-ST. (2000): Strukturierte Mischwälder. Berlin [u. a.]: Parey. 256 S.

DUFFNER, W. (1988): Gestaltung des Forstbetriebs im Jahre 2000. Forstarchiv 59 (6). S. 215–222.

DUFFNER, W. (1994): Strategien für das wirtschaftliche Überleben der Forstbetriebe. Optimierte, naturnahe biologische Produktion und moderne Forsttechnik. Allgemeine Forstzeitschrift 49 (13). S. 676–679.

DUFFNER, W. (1999): Wald im Portfolio eines wirtschaftlichen Unternehmens. Forst und Holz 54 (15). S. 451–471.

ĎURSKÝ, J. (1997): Modellierung der Absterbeprozesse in Rein- und Mischbeständen aus Fichte und Buche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168 (7/8). S. 131–134.

ĎURSKÝ, J. (1998): Optimierung und Fortschreibung der Naturalproduktion von Waldbeständen für einen Forstbetrieb auf der Basis von Inventurdaten. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 52–67.

ĎURSKÝ, J. (1999): Zur Verwendung von Rasterstichproben für die Fortschreibung, Nutzungsplanung und Behandlungsverbesserung in einem Forstbetrieb. Forstwissenschaftliches Centralblatt 118 (5). S. 314–325.

ĎURSKÝ, J.; PRETZSCH, H.; KAHN, M. (1996): Modellhafte Nachbildung der Mortalität von Fichte und Buche in Einzelbaumsimulatoren. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 267–277.

DUVENHORST, J. (2000): Möglichkeiten, Maßnahmen und Konsequenzen eines "ökologischen Waldumbaus" im südlichen Schwarzwald – Aufgabe für einen interdisziplinären Forschungsverbund. Tagungsband "Forstwissenschaftliche Tagung 2000 Freiburg“, 11.–15.10.2000, S. 163.

EBERT, H.-P. (1989): Das stammzahlorientierte Betriebsklassenmodell eines vielstufigen Waldes. Allgemeine Forstzeitschrift 44 (9/10). S. 229–231.

EBERWEIN, M. (1996): Flächendeckende Waldbiotopinventur in der Bundesforstverwaltung. Waldbiotopinventur als Bestandteil der Forsteinrichtungsplanung. Allgemeine Forstzeitschrift 51 (5). S. 244–249.

ECKHART, G.; MAYER, H. (1983): Waldbaukonzepte und waldbauliche Wirklichkeit im 19. und 20. Jahrhundert. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 100 (2/3). S. 98–120.

EDER, W. (1997): Aufgaben der Waldwachstumsforschung aus der Sicht der forstwirtschaftlichen Praxis. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168 (10). S. 177–182.

EGIDI, H. (1990): EDV: Von der Forsteinrichtung zum Forstamt. Allgemeine Forstzeitschrift 45 (42). S. 1085–1087.

EGIDI, H. (1996): Praktische Anwendung der Inventurverfahren in Rheinland-Pfalz. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. 68–83.

EGIDI, H. (1998): Arbeitsgruppe „Nachhaltskriterien in der Forsteinrichtung". Zwischenbericht. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 48–50.

EISELE, F.-L. (1994): Bessere Wirtschaftsergebnisse durch besseres Marketing. Forstwissenschaftliches Centralblatt 113 (2). S. 101–112.

EK, A.R.; MONSERUD, R.A. (1974): FOREST. A computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species stands. Madison: University of Wisconsin, College of agriculture and life sciences. 90 S.

ENGELHARD, R.J.; ANDERSON, W.C. (1983): A method of assessing risk in forestry investments. Research paper, 189. New Orleans, LA: USDA forest service, southern forest experiment station. 13 S.

ERLER, J. (1994): Entwicklung eines Expertensystems zur zielbezogenen Auswahl forstlicher Arbeitsverfahren. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 109. Frankfurt am Main: Sauerländer. 142 S.

ERNI, V.; LEMM, R. (1991): Einsatz eines Simulationsmodells auf PC als Planungs- und Bewertungsinstrument im Forstbetrieb. Schweiz.Z.Forstwes. 142 (10). S. 829–850.

ERNI, V.; LEMM, R. (1995): Ein Simulationsmodell für den Forstbetrieb. Entwurf, Realisierung und Anwendung. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 341. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 89 S.

FALK, B.; LANGER, H. (2001): Forstliches Rechnungswesen und Forstliches Informationssystem in der Hessischen Landesforstverwaltung. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (1). S. 10–12.

FAUST, H. (1992): Umstellung der konventionellen in naturnahe Waldwirtschaft. Allgemeine Forstzeitschrift 47 (2). S. 75–78.

FAYYAD, U.M. (Hrsg.) (1996): Advances in knowledge discovery and data mining. Menlo Park [u. a.]: AAAI Press. 611 S.

FELBERMEIER, B.; MOSANDL, R (1999): ZEUS: Forschung für eine zukunftsorientierte Forstwirtschaft. Forstinfo (16). S. 2-3.

FIGHT, R.D.; CHMELIK, J.T. (1998): Analysts guide to FEEMA for financial analysis of ecosystem management activities. General technical report FPL–GTR–111. Madision, WIS: USDA forest service. 5 S.

FILIUS, A.M. (1992): Investment analysis in forest management: principles and applications. Wageningen: Agricultural Univ., Dep. of Forestry. 192 S.

FISCHER, U.; KAMPMEIER, W.; HILLMANN, M. (2000): Luftbildgestützte Privatwaldinventur auf der Basis digitaler Orthofotos im Landkreis Soltau-Fallingbostel. Allgemeine Forstzeitschrift 55 (18/19). S. 1043–1046.

FISHER, I. (1994): The rate of interest. Nachdruck der 1907 erschienenen Erstausgabe. Düsseldorf: Verl. Wirtschaft und Finanzen. 442 S.

FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG (1998): Benutzerhandbuch zum Kalkulationsprogramm „Holzernte". Entscheidungshilfe für Holzernte und Holzvermarktung. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 90 S.

FRANK, A. (1996): Rotkernbildung und Zielstärkennutzung in Buchenbeständen des Forstamtes Minden. Allgemeine Forstzeitschrift 51 (12). S. 683–685.

FRANZ, F.; PRETZSCH, H.; NÜSSLEIN, S. (1989): Strukturentwicklung und Wuchsverhalten von Buchenbeständen in der Verjüngungsphase. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 160 (6). S. 114–123.

FREIST, H. (1962): Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt, Heft 17. Hamburg [u. a.]: Parey. 78 S:

FRITZ, B. (1999): EDV–gestützte Führungsinformationssysteme. Konzeptionelle Anforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten. Frankfurt am Main [u. a.]: Lang. 444 S.

FROEHLICH, F.-S. (1997): Die Bedeutung der finanziellen Hiebsreife als Kriterium für die forstliche Nutzungsentscheidung. Forst und Holz 52 (23). S. 685–689.

FUCHS, A. (1999): 25 Jahre Betriebsinventur in Bayern. Grundlage für die Forsteinrichtung. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (20). S. 1044–1045.

FUENTES, U. (1994): Clusteranalyse. Interner DLR-Abteilungsvortrag. 7 S.

FÜLDNER, K. (1995): Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Göttingen: Cuvillier. 145 S.

FÜRST, W.; JOHANN, K. (1994): Modellkalkulationen zum Naturverjüngungsbetrieb. Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (FBVA) Wien, Nr. 79. Wien: Forstliche Bundesversuchsanstalt. 52 S.

GABRIEL, R.; RÖHRS, H.-P. (1995): Datenbanksysteme. Konzeptionelle Datenmodellierung und Datenbankarchitekturen. 2., verb. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer. 366 S.

GABRIEL, R.; GLUCHOWSKI, P. (1998): Management Support Systeme. Fernuniversität Hagen: Fachbereich Wirtschaftswissenschaften. 221 S.

GADOW, K.v. (1992): Zur Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. Forst und Holz 47 (2). S. 602–606.

GADOW, K.v. (1996): Zur Planung forstlicher Maßnahmen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 115 (2). S. 90–96.

GADOW, K.v. (1996): Möglichkeiten und Grenzen der mittelfristigen Waldbauplanung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 167 (1/2). S. 24–28.

GADOW, K.v. (1999): Datengewinnung für Baumhöhenmodelle. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 116 (1/2). S. 81–90.

GAERTRINGEN, H.H.v. (1989): Rationalisierung durch konsequente Vorratspflege. Allgemeine Forstzeitschrift 44 (9/10). S. 232–235.

GAL, T.; GEHRING, H. (1981): Betriebswirtschaftliche Planungs- und Entscheidungstechniken. Berlin: DeGruyter. 227 S.

GANGL, P. (1994): Simulation – eine Schlüsseltechnologie der 90er Jahre. In: BIETHAN, J.; HUMMELTENBERG, W.; SCHMIDT, B.; WITTE, TH. (Hrsg.) (1994): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe. Fortschritte in der Simulationstechnik, Bd. 8. Braunschweig [u. a.]: Vieweg. S. 1–11.

GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O. (1996): Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. 2., bearb. Auflage. München [u. a.]: Hansa. 390 S.

GAYER, K. (1880): Der Waldbau. Berlin: Wiegandt, Hempel & Parey. 700 S.

GAYER, K. (1886): Der gemischte Wald. Berlin: Parey. 168 S.

GEHRING, H. (1997): Operations Research. Simulation. Fernuniversität Hagen: Fachbereich Wirtschaftswissenschaften. 60 S.

GESCHKA, H.; PAUL, I.; WINCKLER-RUß, B. (1987): Szenarien – ein Instrument der Unternehmensplanung. In: ZERRES, M.P.; ZERRES, I. (Hrsg.) (1987): Unternehmensplanung. Erfahrungsberichte aus der Praxis. Frankfurt am Main: FAZ Verlagsbereich Wirtschaftsbücher. S. 55–68.

GESCHKA, H.; REIBNITZ, U.v. (1987): Die Szenario-Technik. Ein Instrument der Zukunftsanalyse und der strategischen Planung. In: TÖPFER, A.; AFHELDT, H. (Hrsg.) (1987): Praxis der strategischen Unternehmensplanung, Stuttgart: Poller. S. 125–170.

GHEBREMICHAEL, A.; WILLIAMS, J.; VASIEVICH, J.M. (1996): A manager's guide to forestry investment. Sault STe Marie, Ontario: Great Lakes Forestry Centre. 68 S.

GILLE , U. (2000): Analyse von Wachstumsvorgängen. 8 S. *http://www.uni-leipzig.de/~vetana/growth.htm.*

GLUCHOWSKI, P.; GABRIEL, R.; CHAMONI, P. (1997): Management Support Systeme. Computergestützte Informationssysteme für Führungskräfte und Entscheidungsträger. Berlin [u. a.]: Springer. 382 S.

GOLTZ, HANS v.d. (1991): Strukturdurchforstung der Fichte. Ein Weg zu stufigem Bestandesaufbau. Allgemeine Forstzeitschrift 46 (13). S. 677–679.

GOLTZ, HUBERTUS v.d. (1998): Integrierte Betriebsinventur Baden-Württemberg. Aus der aktuellen Forschungsarbeit. Informationen und Diskussion. FVA-Kolloquium 1997/98. Freiburg i. Br: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. S. 1.

GORRY, G.A.; SCOTT MORTON, M.S. (1971): A Framework für Management Information Systems. Sloan Management Review, Vol. 13 (1). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology. S. 55–70.

GÖTZE, U. (1993): Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. 2., aktual. Auflage. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. 397 S.

GRAF, H.G. (1999): Prognosen und Szenarien in der Wirtschaftspraxis. München [u. a.]: Hansa. 311 S.

GRAY, P.; WATSON, H.J. (1998): Decision support in the data warehouse. Upper Saddle River. Prentice Hall. 399 S.

GRIMM, U. (Hrsg.) (1995): Strategische Führungsinformationssysteme. Theoretische Grundlagen, praktische Erfahrungen. Wiesbaden: Gabler. 262 S.

GRUNDERMANN, V. (1999): Die Einbindung der Forsteinrichtung in der Hessischen Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie (HLFWW). Forst und Holz 54 (22). S. 697–700.

GRUNDY, D.S. (1986): Developing the economic arguments for investment in forestry. Forestry Commission research and development paper, 145. Edinburgh: Forestry Commission. 28 S.

GUNTER, J.E.; HANEY, H.L. (1984): Essentials of forestry investment analysis 1.ed.. Corvallis, Orgeon: Oregon State University Book Stores. 337 S.

GÜNZEL, H. (Hrsg.) (2001): Data-Warehouse-Systeme. Architektur, Entwicklung, Anwendung. 1. Auflage. Heidelberg: dpunkt-Verlag. 579 S.

GUTENBERG, E. (1958): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden: Gabler. 203 S.

HACKL, R. (1993): Theorie und Praxis des Informationsmanagements. Österreichische Forstzeitung 104 (8). S. 35–36.

HAGEN, O. v. (1867): Die forstlichen Verhältnisse Preußens. Berlin: Springer 306 S.

HAHN, D. (Hrsg.) (1984): Strategische Unternehmensplanung. Stand und Entwicklungstendenzen. 3., durchges. Auflage. Würzburg [u. a.]: Physica-Verlag. 660 S.

HAHN, D. (1989): Strategische Planung. Einführung in das Fachgebiet *http://otto.ww.TU-Berlin.DE/FB14/strategie/strat_einf.html.*

HAMMER, R.M. (1998): Unternehmensplanung. Lehrbuch der Planung und strategischen Unternehmensführung. 7., unwes. veränd. Aufl.. München [u.a.]: Oldenbourg. 250 S.

HAN, J.; KAMBER, M. (2001): Data mining. Concepts and Techniques. The Morgan Kaufmann series in data management systems. San Francisco [u. a.]: Kaufmann. 550 S.

HANEWINKEL, M. (1998): Plenterwald und Plenterwaldüberführung. Modellstudien zu planungstechnischen, waldbaulichen und ökonomischen Aspekten am Fallbeispiel des Wuchsgebietes Schwarzwald. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg i. Br., Bd. 9. Freiburg i. Br.: Institut für Forstökonomie. 256 S.

HANEWINKEL, M. (2001): Neuausrichtung der Forsteinrichtung als strategisches Managementinstrument. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 172 (11). S. 202–211.

HANEY, H.L. (2001): Forestry as an investment. In: TAYLOR, E.L. (2001): Managing southern pines. Online study guide, chapter 2. 8 S. *http://forestryanswers.tamu.edu/handbook1/intro.htm.*

HANIEL, J.; KLEINSCHMIT, H. (1992): Zielstärkennutzung in den niedersächsischen Landesforsten. Möglichkeiten und Grenzen. Allgemeine Forstzeitschrift 47 (11). S. 588–593.

HANNIG, U. (1996): Data warehouse und Managementinformationssysteme. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. 243. S.

HANSEN, B.G.; PALMER, A.J. (1997): JEFFI/2. A cash flow analysis program. General technical report NE-234. Radnor, Pa: USDA forst Service, northeastern forest experiment station. 10 S.

HANSEN, B.G.; PALMER, A.J. (1999): FRAN. Financial ratio analysis and more. General technical report NE-264. Radnor, Pa: USDA forst Service, northeastern forest experiment station. 2 S.

HANSSMANN, F. (1995): Quantitative Betriebswirtschaftslehre. Lehrbuch der modellgestützten Unternehmensplanung. 4., unwes. veränd. Auflage. München [u. a.]: Oldenburg. 497 S.

HANSTEIN, U. (1992): Vollflächige Waldbiotopkartierung als Teil der Forsteinrichtung. Forst und Holz 47 (17). S. 531–534.

HARDHIENATA , S.; MOLNÁR, I. (1992): Optimierung mit Hilfe von Simulationsmodellen. In: BIETHAN, J.; HUMMELTENBERG, W.; SCHMIDT, B. (Hrsg.) (1992): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Bd. 3. Fachberichte Simulation, Bd. 17. Berlin [u. a.]: Springer. S 1–17.

HÄRTEL, R. (1997): Stand der Einführung der Elemente des Neuen Steuerungsmodells. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (6). S. 286–287.

HASENAUER, H. (1994): Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchenfichtenmischbestände. Forstliche Schriftenreihe der Universität für Bodenkultur Wien, Bd. 8. Wien: Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung. 152 S

HASENAUER, H. (2000): Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen. Berlin: Parey. 131 S.

HEINEN, E. (1968): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden: Gabler. 280 S.

HEINEN, E. (1969): Zum Wissenschaftsprogramm der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre. Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre 39 (4). S. 207–220.

HEINEN, E. (1971): Der entscheidungsorientierte Ansatz der Betriebswirtschaftslehre. Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre 41 (7). S. 429–440.

HEINEN, E. (1976a): Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen. Das Zielsystem der Unternehmung. Die Betriebswirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 1. 3., durchges. Auflage. Wiesbaden: Gabler. 283 S.

HEINEN, E. (1976b): Grundfragen der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre. München: Goldmann, 478 S.

HEINHOLD, M. (1994): Investitionsrechnung. Studienbuch. 6., durchges. Auflage. München [u. a.]: Oldenbourg. 201 S.

HEINIMANN, H.R. (1986): Seilkraneinsatz in den Schweizer Alpen. Eine Untersuchung über die Geländeverhältnisse, die Erschließung und den Einsatz verschiedener Seilanlagen. Dissertation an der ETH Zürich. 169 S.

HELLES, F. (1999): Faustmann forest economics in eastern europe. Journal of forest economics 5 (3). S. 337-341.

HEMPFLING, U. (2001): Budgetierung der Staatswaldbewirtschaftung. Modellprojekt der Forstverwaltung von Sachsen. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (19). S. 982–983.

HERBERG, D.A. (1995): Bestimmungsgründe des Außenhandels mit Stammholz. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 9. Frankfurt am Main: Sauerländer. 107 S.

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1999): Grundsätze und Empfehlungen zur naturnahen Wirtschaftsweise im Hessischen Staatswald. Wiesbaden. 91 S.

HEUKAMP, B. (1998): Stand der Forsteinrichtung in Nordrhein-Westfalen. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 74–76.

HEUPEL, G. M. (1994): Zur Entwicklung einer Forstinventur auf Landesebene und auf der Basis von permanenten Probekreisen am Beispiel der Landesforstinventur des Saarlandes. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 120. Göttingen: Selbstverlag des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen. 199 S.

HICHERT, R. (Hrsg.) (1995): Management-Informationssysteme. 2., völlig neubearb. u. erw. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer. 541 S.

HINRICHS, A. (1994): Geographische Informationssysteme als Hilfsmittel der forstlichen Betriebsführung. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg i. Br., Bd. 3. Freiburg i. Br.: Institut für Forsteinrichtung und Forstliche Betriebswirtschaftslehre. 128 S.

HOFACKER, I. (1999): Systemunterstützung strategischer Entscheidungsprozesse. Wiesbaden: Gabler. 216 S.

HOFFMANN, R. (1989): Welchen Beitrag kann eine systematische Naturverjüngung zur Lösung von Problemen der Forstwirtschaft leisten? Allgemeine Forstzeitschrift 44 (9/10). S. 228–229.

HOGANSON, H.M.; ROSE, D.W. (1984): A Simulation Approach for Optimal Timber Management Scheduling. Forest science 30 (1). S. 220–238.

HOLM, M. (1974): Modelluntersuchungen zur einzelstammweisen Nutzung nach Zieldurchmessern. Dargestellt am Beispiel der Buche. Freiburg i. Br.: Dissertation. 195 S.

HOLM, M. (1979): Ansätze zur Verbesserung der Laubholzwirtschaft durch naturgemäßen Waldbau. Forstarchiv 50 (2). S. 27–33.

HOLSHEIMER, M.; SIEBES, A.P.J.M. (1994): Data mining. The search for knowledge in databases. Amsterdam: Centrum voor Wiskunde en Informatica. 78 S.

HÖLTERMANN, A.; KRACHT, A.; SCHMIDT, C.-H.; SPIES, G.V. (2000): Wirtschaftlichkeitsvergleich unterschiedlicher Waldbaustrategien. Allgemeine Forstzeitschrift 55 (2). S. 86–88.

HOLTHUIS, J.; MUCKSCH, H.; REISER, M. (1995): Das Data Warehouse Konzept. Ein Ansatz zur Informationsbereitstellung für Managementunterstützungssysteme. Arbeitsbericht des Lehrstuhls für Informationsmanagement und Datenbanken 95–1. Oestrich-Winkel: European Business School. 36 S.

HOMBURG, CHR. (1998): Quantitative Betriebswirtschaftslehre. Entscheidungsunterstützung durch Modelle. 2., überarb. u. erw. Auflage, durchges. Nachdruck. Wiesbaden: Gabler. 641 S.

HOPFENBECK, W. (2000): Allgemeine Betriebswirtschafts- und Managementlehre. 13., vollst. überarb. u. erw. Auflage. Landsberg am Lech: Verl. Moderne Industrie. 1172. S.

HÖWECKE, B.; MAHLER, G. (1991): Untersuchungen zur Farbverkernung bei der Rotbuche (Fagus sylvatica L.) in Baden-Württemberg. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 158. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 106 S.

HRADETZKY, J. (1972): Modell eines integrierten Ertragstafel-Systems in modularer Form. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 45. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 172 S.

HRADETZKY, J. (1998): Das aktuelle Wachstum der Hauptbaumarten in Baden-Württemberg. Aus der aktuellen Forschungsarbeit. Informationen und Diskussion. FVA-Kolloquium 1997/98. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. S. 1.

HRADETZKY, J.; SCHÖPFER, W. (2001): Eine Entscheidungshilfe für die Holzernte und die Holzvermarktung. Das Softwareprodukt HOLZERNTE. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (21). S. 1100–1101.

HUPFELD, M.; BERENDES, G.; LEHNARDT, F. (1997): Buchenrotkern und Zielstärkennutzung. Untersucht im Hess. Forstamt Hatzfeld. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (19). S. 1024–1027.

HÜSING, F. (1995): Das neue Forsteinrichtungsverfahren in Niedersachsen. Grobkonzept. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S.88–92.

HUSS, J. (1977): Neue Entwicklungen in der Forsteinrichtung außerhalb Bayerns. Forstwissenschaftliches Centralblatt 96 (2). S. 130–136.

HUSS, J. (1987): Mischwald zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Forstwissenschaftliches Centralblatt 106 (2). S. 114–132.

HUSS, J. (1992): Was ist Waldbau auf ökologischer Grundlage? Allgemeine Forstzeitschrift 47 (2). S. 56–64.

INMON, W.H. (1996): Building the data warehouse. 2. edition. New York [u. a.]: Wiley. 401 S.

INMON, W.H.; IMHOFF, C. SOUSA, R. (2001): Corporate information factory. 2. edition. New York [u. a.]: Wiley. 382 S.

JÖBSTL, H.A. (1978): Unternehmungsplanung in der Forstwirtschaft. Ein Beitrag zu den Grundlagen einer forstlichen Planungslehre mit Modellansätzen und computergestütztem Berechnungsexperiment für Nachhaltsregelung und Mittelfristplanung. Veröffentlichung des Instituts für forstliche Wirtschaftslehre an der Universität für Bodenkultur in Wien, Heft 5. Wien: Österreichischer Agrarverlag. 212 S.

JÖBSTL, H.A. (1984): Simulation langfristiger Betriebsentwicklung als Grundlage für Nachhaltsregelung und Mittelfristplanung. Forst und Holz 39 (14/15). S. 349–354.

JÖBSTL, H.A. (1987): Betriebssimulationsmodell FOBSI. Grundlagen, Anwendungsbeispiele, Musterausdrucke, Benützerinstruktion, Programmdokumentation. Berichte aus der Abteilung für Rechnungswesen und forstliche Marktlehre des Institutes für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft an der Universität für Bodenkultur in Wien, Heft 6. Wien: Eigenverlag. 100 S.

JÖBSTL, H.A. (1992): Die Nachhaltigkeit im Planungsmodell. In: KURTH, H. (Hrsg.) (1992): Forsteinrichtung und Betriebswirtschaft – Garanten der Nachhaltigkeit. IUFRO Centennial Meeting 1992. S. 93–104.

JÖBSTL, H.A. (1995): Modelle für die Nachhaltsregelung im Forstbetrieb. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 112 (1). S. 19–31.

JÖBSTL, H.A. (1997): Umtriebszeit der Fichte unter geänderten Marktverhältnissen. Eine Modellstudie mit benutzerorientierter Darstellung der Simulationsmodelle FOWISIM und FOBSI. Berichte aus der Abteilung für Rechnungswesen und forstliche Marktlehre des Institutes für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft an der Universität für Bodenkultur in Wien, Heft 14. Wien: Eigenverlag. 128 S.

JÖBSTL, H.A.; KARISCH, G. (2000): Zur Qualität der Betriebsinformationen in der Forstwirtschaft. IUFRO-International Symposium „information management in forest enterprises." Proceedings. München: Faculty of forest Science, department of forest economics. S. 93–99.

JOHANN, K. (1983): Ertragskundliche Auswirkungen der Auslesedurchforstung in Fichtenbeständen – ein Prognosemodell. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 100 (4). S. 226–246.

JOHANN, K. (1987): Standraumregulierung bei der Fichte, Ausgangsbaumzahl – Stammzahlreduktion – Durchforstung – Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker. Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (FBVA) Wien, Nr. 22. Wien: Forstliche Bundesversuchsanstalt. 64 S.

JOHANN, K.; POLLANSCHÜTZ, J. (1980): Der Einfluss der Standraumregulierung auf den Betriebserfolg von Fichtenbetriebsklassen. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Heft 132. Wien: Österreichischer Agrarverlag. 115 S.

JOHANSSON, P.-O.; LÖFGREN, K.-G. (1985): The economics of forestry and natural resources. Oxford: Blackwell. 292 S.

JÜNEMANN, D. (1995): Überlegungen zur langfristigen Neugestaltung der Forsteinrichtung in Nordrhein-Westfalen. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 93–104.

KAHLE, E. (1997): Betriebliche Entscheidungen. Lehrbuch zur Einführung in die betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 4., überarb. u. erw. Auflage. München [u. a.]: Oldenbourg. 271 S.

KAHN, M. (1994a): Modellierung der Höhenentwicklung ausgewählter Baumarten in Abhängigkeit vom Standort. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt, Nr. 141. München: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 204 S.

KAHN, M. (1994b): Die algorithmische Modellierung von Durchforstungseingriffen mit dem Fuzzy Logik Controller. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Beiträge zur Jahrestagung. S. 82–104.

KAHN, M. (1995a): Die Fuzzy Logik basierte Modellierung von Durchforstungseingriffen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 166 (9/10). S. 167–169.

KAHN, M. (1995b): Optimierung eines Fuzzy Logik basierten Durchforstungsmodells unter Verwendung evolutionärer Strategien. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Beiträge zur Jahrestagung. S. 153–173.

KAHN, M.; ĎURSKÝ, J. (1999): Höhenzuwachsfunktionen für Einzelbaummodelle auf der Grundlage quasirealer Baumhöhenzuwächse. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 116 (1/2). S. 105–118.

KAHN, M.; PRETZSCH, H. (1998a): Das Wuchsmodell SILVA – Parametrisierung der Version 2.1. für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 169 (6/7). S. 115–123.

KAHN, M.; PRETZSCH, H. (1998b): Parametrisierung und Validierung des Wuchsmodells SILVA 2.2 für Rein- und Mischbestände aus Fichte, Tanne, Kiefer, Buche, Eiche und Erle. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 18–34.

KAHN, H.; WIENER, A.J. (1968): Ihr werdet es erleben: Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahre 2000. Wien [u. a.]: Molden. 430 S.

KAISER, B. (1999): Der Rundholzmarkt zerfällt. Teil III. Holzzentralblatt 125 (107). S. 1414.

KALKKUHL, R.; MEYER-REICHERT, R.; SPORS, H.-J. (2001): Entwicklung und Einführung einer EDV-gestützten Forstlichen Erfolgsrechnung für die Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen. Forst und Holz 56 (14). S. 438–443.

KASTRUP, M.J. (1996): Zur Rationalität forstbetrieblicher Entscheidungsmodelle. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg i. Br., Bd. 5. Freiburg i. Br.: Institut für Forstökonomie. 268 S.

KATÓ, F. (1973): Vorschlag zur Beurteilung betriebswirtschaftlich relevanter Modelle in der Forstwirtschaft. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 144 (11). S. 219–227.

KATÓ, F. (1974): Stellung, Gliederung und Methodenbereich der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Forstwissenschaftliches Centralblatt 93 (5). S. 262–274.

KATÓ, F. (1975): Zum Problem der Investitionsplanung und Nachhaltigkeit im Forstbetrieb. Allgemeine Forstzeitschrift 30 (14). S. 292–294.

KATÓ, F. (1986): Statische und klassische dynamische Verfahren der forstlichen Investitionsrechnung. Inhalte, Probleme, Kritik und Folgerungen. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 85. Frankfurt am Main: Sauerländer. 99 S.

KATÓ, F. (1992): Simulation der wirtschaftlichen Entwicklung von Beständen und Betriebsklassen. Allgemeine Forstzeitschrift 47 (14). S. 770–773.

KATÓ, F. (1996): Forstliche Bewertungen und Planungen: Programm für Bestandes-, Betriebsklassen-, Revier- und Betriebsentwicklungen. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 12. Frankfurt am Main: Sauerländer. 87 S.

KÄTSCH, CHR. (1998): Konzeption für ein forstliches Produktionsplanungs- und -steuerungssystem unter besonderer Berücksichtigung der Forsteinrichtung. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 126. Frankfurt am Main: Sauerländer. 211 S.

KÄTSCH, CHR. (2001): Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der automatischen Objekterkennung auf Fernerkundungsaufzeichnungen für Zwecke der Wald- und Landschaftsinventur. Forstarchiv 72 (6). S. 244–250.

KEILEN, K. (1990): Forsteinrichtung als mittelfristiger Betriebsplan. Wirklichkeit und Wunsch. Allgemeine Forstzeitschrift 45 (42). S. 1092–1093.

KEMMNER, G.; RISSE, F.-J. (1994): Betriebsinventur auf Stichprobenbasis. Vorgehen, Umsetzung, Weiterentwicklung. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (10). S. 521–523.

KENNEL, E. (1973): Bayerische Waldinventur. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt, Nr. 11. München: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 143 S.

KEMPER, A.; EICKLER, A. (1999): Datenbanksysteme. Eine Einführung. 3., korri. Auflage München [u. a.]: Oldenbourg. 504 S.

KEMPER, H.-G. (1999): Architektur und Gestaltung von Management-Unterstützungs-Systemen. Von isolierten Einzelsystemen zum integrierten Gesamtansatz, Stuttgart [u. a.]: Teubner. 384 S.

KLÄDTKE, J. (1993): Konstruktion einer Z-Baum-Ertragstafel am Beispiel der Fichte. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 173. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 110 S.

KLÄDTKE, J. (1997a): 25 Jahre Buchen-Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 246–258.

KLÄDTKE, J. (1997b): Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. Seit 25 Jahren nach ALTHERR. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (19). S. 1019–1023.

KLÄDTKE, J. (2001a): Konzepte zur Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (20). S. 1047–1050.

KLÄDTKE, J. (2001b): Zu: Konzepte zur Buchen-Lichtwuchsdurchforstung und der Stellungnahme von WILHELM, LETTER, EDER in Allgemeine Forstzeitschrift 56 (23). S. 1226-1227. Allgemeine Forstzeitschrift 23 (25) S. 1339.

KLEIN, M. (1991): Neue Verfahren der Pflege- und Nutzungsplanung. Verwirklichung waldbaulicher Ziele. Allgemeine Forstzeitschrift 46 (1). S. 31–34.

KLEINSCHMIT, H. (1991): Produktionsrisiken und biologische Rationalisierung in betriebswirtschaftlichen Rechnungen und waldbaulichen Planungen. Forst und Holz 46 (19). S. 527–533.

KLEINSCHMIT, H. (1997): Grundkonsens über die Forsteinrichtung in Gefahr? Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Zielen und der Organisation der Forsteinrichtung in Deutschland. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 75–89.

KLEINSCHMIT, H. (2002): Forsteinrichtung in Niedersachsen – Stellung und Grundsätze. Forst und Holz 57 (4). S. 91–94.

KLEMPERER, W.D. (1996): Forest resource economics and finance. McGraw-Hill series in forest resources. New York [u. a.]: McGraw-Hill. 551 S.

KNOKE, TH. (1998): Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald – zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt, Nr. 170. München: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 182 S.

KNOKE, TH.; MOOG, M.; PLUSCZYK, N. (2001): On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. Forest policy and economics 2 (3–4). S. 229–240.

KNOKE, TH.; PETER, R. (2002): Zum optimalen Zieldurchmesser bei fluktuierendem Holzpreis – eine Studie am Beispiel von Kiefern-Überhältern (*Pinus sylvestris* L.). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173 (2/3). S. 21–28.

KOCH, R. (1998): Methodische Konzeption eines Modells zur komplexen, mehrdimensionalen Beurteilung forsttechnischer Produktionsverfahren. Dissertation an der Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden. 146 S.

KONDRATIEFF, N.D. (1926): Die langen Wellen der Konjunktur. Archiv für Sozialwissenschaften und Sozialpolitik 56 (3). S. 573–609.

KONITZER, A. (2000): Waldumbaumaßnahmen und ihre betriebswirtschaftlichen Auswirkungen – eine GIS-gestützte Untersuchung am Beispiel des Niedersächsischen Harzes. Berichte des Forschungszentrums

Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 169. Göttingen: Selbstverlag des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen. 197 S.

KOONTZ, H.; O'DONNELL, C. (1955): Principles of management. An analysis of managerial functions. New York: McGraw-Hill. 664 S.

KRAMER, H. (1985): Begriffe der Forsteinrichtung. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 48. Frankfurt am Main: Sauerländer. 88 S.

KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Ökologische und anthropogene Einflüsse auf das Wachstum des Waldes, seine Massen- und Wertleistung und die Bestandessicherheit. Hamburg [u. a.]: Parey. 374 S.

KRAMER, H.; AKÇA, A. (1987): Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. 2., erw. Auflage. Frankfurt am Main: Sauerländer. 287 S.

KRAMER, P. (2000a): Zielorientierte Steuerung forstlicher Produktionsprozesse – Traum oder Wirklichkeit? IUFRO-International Symposium „information management in forest enterprises.“ Proceedings. München: Faculty of forest Science, department of forest economics. S. 39–47.

KRAMER, P. (2000b): Zielorientierte Steuerung im Forstbetrieb. Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel eines virtuellen Waldbestandes. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg i. Br., Bd. 13. Freiburg i. Br.: Institut für Forstökonomie. 165 S.

KRAMER, P. (2002): Zielorientierte Steuerung forstlicher Produktionsprozesse – Traum oder Wirklichkeit. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173 (2/3). S. 37–47.

KRCMAR, H. (2000): Informationsmanagement. 2., verb. Aufl.. Berlin [u.a.]: Springer. 391 S.

KREIKEBAUM, H. (1997): Strategische Unternehmensplanung. 6., überarb. u. erw. Auflage. Stuttgart [u. a.]: Kohlhammer. 290 S.

KREYSA, F.J. (1987): Theoretische Überlegungen zur Simulation eines Forstbetriebes. Entwurf eines dynamischen Simulationsmodells zur Abschätzung der langfristigen Folgen waldbaulicher Entscheidungen. FAST Occasional Papers, Nr. 210. 138 S.

KRISTRÖM, B. (1990): The classical theories of investment and the forest sector. Arbetsrapport, 111. Umea: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsekonomi. 42 S.

KRONAUER, H. (2002): Das Wachstum großkroniger Buchen. Allgemeine Forstzeitschrift 57 (12). S. 596–598.

KROTH, W.; BARTELHEIMER, P. (1993): Holzmarktlehre. Hamburg [u. a.]: Parey. 210 S.

KRUGER, P. (1998): DIFO – das Informationssystem der Bundesforstverwaltung. Allgemeine Forstzeitschrift 53 (11). 556–559.

KRUTZSCH, H.; LOETSCH, F. (1938): Holzvorratsinventur und Leistungsprüfung der naturgemäßen Forstwirtschaft. Neudamm: Neumann. 164 S.

KURTH, H. (2001): Das Forstliche Informationssystem Sachsen-Anhalts. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (14). S. 743–746.

KUßMAUL, H.; RICHTER, L. (2000): Die Baldwin-Methode. Kritische Bestandsaufnahme und Weiterentwicklung eines dynamischen Renditemaßes. Finanz-Betrieb, 2 (11). S. 683–692.

KYNAST, R. (1977): Ein Modellexperiment für die Simulation der Holznutzung. Dargestellt am Beispiel der Fichte im Fürstlich Waldburg-Wolfegg'schen Forstbetrieb. Freiburg i. Br.: Dissertation. 150 S.

LANDESFORSTVERWALTUNG NRW (1997): Testlauf zur Landeswaldinventur. Konzeption. Verfahrenstest. Ergebnisse. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen, Heft 5. Düsseldorf: Landesforstverwaltung. 134 S.

LAUDON, K.C.; LAUDON, J.P. (1994): Management information systems. Organization and technology. New York: Macmillan. 818 S.

LAUX, H. (1998): Entscheidungstheorie. 4., neubearb. u. erw. Auflage. Berlin [u. a.]: Springer. 480 S.

LEIBUNDGUT, H. (1986): Ziele und Wege der naturnahen Waldwirtschaft. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 137 (3). S. 245–250.

LEMM, R. (1991). Ein dynamisches Forstbetriebssimulationsmodell. Prognosen von betriebsspezifischen Waldentwicklungen, Waldschäden und deren monetäre Bewertung unter variablen Einflussgrößen. Zürich: Dissertation. 235 S.

LEMM, R.; ERNI, V. (1991): Simulationsmodelle in der Forstwirtschaft – Spielerei oder Chance? Schweiz.Z.Forstwes. 142 (8). S. 647–660.

LEMM, R.; ERNI, V. (1994): Simulationsmodelle zur waldbaulichen Planung. Österreichische Forstzeitung 105 (1): S. 9–13.

LEMM, R.; ERNI, V.; THEES, O. (2002): Komponentenbasierte Softwareentwicklung – neue Perspektiven für forstliche Modellierung und Informationsverarbeitung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 153 (1). S. 3–9.

LÖFFLER, H. (Hrsg.) (1994): Rationalisierungsmöglichkeiten im Forstbetrieb. Berichte und Studien der Hanns-Seidel-Stiftung e.V. Bd 67. Reihe Agrarpolitik Bd 6. München: Hanns-Seidel-Stiftung. 191 S.

LÖFFLER, H. (1995): Möglichkeiten der Betriebsgestaltung in der Forstwirtschaft. Forstwissenschaftliches Centralblatt 114 (2). S. 66–79.

LOHMANDER, P. (1999): Alternative versions of the Faustmann problem and corresponding optimal solutions. IUFRO-international symposium, 150 Years of the Faustmann formula. The consequences for forestry and economics in the past, present and future. Darmstadt: IUFRO-Proceeding. 16 S.

LOY, H.; UTSCHIG, H. (2001): Nachhaltigkeit durch einzelbaumweise Fortschreibung der Inventur kontrollieren. Zielstärkennutzung der Buche im Forstamt Rothenbuch. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (23). S. 1222–1225.

LÜPKE, B.v. (1986): Die Durchforstung, insbesondere Jungdurchforstung, von Buchenbeständen. Forst und Holz 41 (3). S. 54–61.

LUSTI, M. (1999): Data warehousing und data mining. Eine Einführung in entscheidungsunterstützende Systeme. Berlin [u. a.]: Springer. 433 S.

LÜTHY, D. (1998): Entwicklung eines „Spatial decision support"-Systems (SDSS) für die Holzernteplanung in steilen Geländeverhältnissen. Zürich: Dissertation. 260 S.

MAGIN, R. (1963): Standortsgerechte Ertragsermittlung als Teil der Forsteinrichtung. Allgemeine Forstzeitschrift 18 (18). S. 128–130.

MAGIN, R. (1966): Über die Brauchbarkeit einer Nährungsfunktion zur Berechnung der Gesamtwuchsleistung und des laufenden Zuwachses. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 34–42.

MAI, W. (1999): Pflegeoptimierung. Ein Modell zur Entscheidungsunterstützung für die Optimierung der Fichtenpflege am PC unter besonderer Berücksichtigung von bestandesorientiertem Risiko. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 79–88.

MAI, W. (2001): Betriebsinventuren und stärkeklassenorientiertes Prognosemodell zeigen Fichtenstarkholzaufkommen im bayerischen Staatswald. Forst und Holz 56 (22). S. 707–710.

MANDEL, P. (1994): Räumliche Entscheidungsunterstützung mit GIS: Nutzwertanalyse und Fuzzy-Entscheidungsmodellierung.
http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers94/mandel.htm.

MANTEL, W. (1959): Forsteinrichtung. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Sauerländer. 262 S.

MAYER, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4., teilw. neu bearb. Auflage. Stuttgart [u. a.]: Fischer. 522 S.

MAYER, H. (1993): Urwald–Holzplantage–Urwald: Quo vadis Waldbau? Auf Umwegen zu einer naturnahen Waldwirtschaft. Österreichische Forstzeitung 104 (5). S. 35–39.

MEFFERT, H.; WEHRLE, F. (1981): Strategische Unternehmensplanung. Eine Bestandsaufnahme ausgewählter Grundprobleme. Münster: Wiss. Ges. für Marketing u. Unternehmensführung. 52 S.

MERKER, K. (1997): Ein Controllingsystem "Naturgemäße Waldwirtschaft": strategische Überlegungen zum Thema am Beispiel des niedersächsischen LÖWE-Programms. Schriften zur Forstökonomie, Band 17. Frankfurt am Main: Sauerländer. 212 S.

MERKER, K. (1998a): Chancen und Risiken einer Strategie "Umstellung auf Naturgemäße Waldwirtschaft". Forst und Holz 53. (16). S. 495–500.

MEYER, W. (1997): Budgetierung. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (6). S. 290–293.

MEYER-SCHÖNHERR, M. (1992): Szenariotechnik als Instrument der strategischen Planung. Ludwigsburg [u. a.]: Verlag Wissenschaft und Praxis. 311 S.

MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM , ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Stuttgart: Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 188 S.

MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1999): Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Stuttgart: Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 54 S.

MINTZBERG, H. (1995): Die strategische Planung. Aufstieg, Niedergang und Neubestimmung. München [u. a.]: Hansa. 532 S.

MÖHRING, B. (1986): Dynamische Betriebsklassensimulation – ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 20. Göttingen: Selbstverlag des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen. 268 S.

MÖHRING, B. (1994): Über ökonomische Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen: ein Beitrag zur Förderung des entscheidungsorientierten Ansatzes der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 7. Frankfurt am Main: Sauerländer. 217 S.

MÖHRING, B. (2001a): The german struggle between the „Bodenreinertragslehre“ (land rent theory) and „Waldreinertragslehre“ (theory of the highest revenue) belongs to the past – but what is left? For.Pol.Econ 2 (2). S. 195–201.

MÖHRING, B. (2001b): Nachhaltige Forstwirtschaft und Rentabilitätsrechnung – ein Widerspruch? Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 172 (4). S. 61–66.

MÖHRING, B.; WIPPERMANN, CHR. (2002): Betriebswirtschaftliche Aspekte bei der Zielstärkennutzung der Kiefer. Forst und Holz 57 (3). S. 59–63.

MÖLLER, D. (1992): Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme. Berlin [u. a.]: Springer. 230 S.

MOOG, M. (1990): Überlegungen zur optimalen Zielstärke der Buche. Allgemeine Forstzeitschrift 45 (45). S. 1158–1160.

MOOG, M. (1991): Überlegungen zu Produktionsfunktion und Kostenfunktion von Forstbetrieben. Forstarchiv 62 (5/6). S. 200–204 und S. 247–251.

MOOG, M. (1993): Handlungsmöglichkeiten der Forstbetriebe bei sinkenden Industrieholzpreisen. In: BARTELHEIMER, P.; MOOG, M.; VOLZ, K.-R. (Hrsg.) (1993): Perspektiven für Angebot und Nachfrage auf den Industrieholzmärkten. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt Nr. 127. S. 65–75.

MOOG, M. (1994): Ansatzpunkte für Rationalisierungsbemühungen im Forstbetrieb. Berichte und Studien der Hanns-Seidel-Stiftung e.V., Bd. 67, Reihe Agrarpolitik, Bd. 6. München: Hanns-Seidel-Stiftung. S. 9–30.

MOOG, M. (1995): Betriebssteuerung und Kontrolle im Forstbetrieb. Forstökonomisches Kolloquium Göttingen.

MOOG, M.; KARBERG, B. (1992): Ökonomische Gesichtspunkte zur Zielstärke von Kiefern und Buchen. Allgemeine Forstzeitschrift 47 (2). S. 85–90.

MOOG, M.; BORCHERT, H. (2001): Increasing rotation periods during a time of decreasing profitability of forestry – a paradox? For.Pol.Econ 2 (2). S. 101–116.

MOOG, M.; TIMINGER, M. (1996): Budgetierung im Forstbetrieb. Holzzentralblatt 122 (45). S. 717–720.

MOSANDL, R. (1991): Die Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln – dargestellt am Beispiel des Bergmischwaldes. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayern, Heft 46. 246 S.

MOSANDL, R. (1993): Zur Neuorientierung des Waldbaus. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (22). S. 1122–1127.

MOSANDL, R.; FELBERMEIER, B. (2001): Vom Waldbau zum Waldökosystemmanagement. Forstarchiv 72 (4). S. 145–151.

MOSANDL, R.; KNOKE, TH. (2002): Holzpreisschwankungen als Problem der Forstwirtschaft. 57 Allgemeine Forstzeitschrift (2). S. 118–119.

MOSSMAYER, H.-U.; SCHÖPFER, W. (1972): Beziehungen zwischen Standortsfaktoren und Wuchsleistung der Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 143 (10). S. 203–215.

MOSSMAYER, H.-U.; SCHÖPFER, W.; MÜHLHÄUSER, G.; KUBLIN, E.; BURGER, H.U. (1996): Schätzfunktionen zur Ermittlung der standortstypischen Wuchsleistung von Fichte und Buche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 167 (5). S. 95–103.

MUCKSCH, H. (Hrsg.) (1999): Das data-Warehouse-Konzept. Architektur, Datenmodelle, Anwendungen. 3., überarb. Auflage. Wiesbaden: Gabler. 679 S.

MÜLLER, D.M. (2000): Forstliches Rechnungswesen und Informationssystem der Bayerischen Staatsforstverwaltung. IUFRO-International Symposium „information management in forest enterprises." Proceedings. München: Faculty of forest Science, department of forest economics. S. 19–24 .

MÜLLER, W. (1994): Der ökologische Umbau der Wälder in der Lüneburger Heide. Forst und Holz 49 (14). S. 396–398.

MYERS, R.H. (1990): Classical and modern regression with applications. Second edition. Boston: PWS-KENT Publishing Company. 488 S.

NAGEL, J. (1985): Wachstumsmodell für Bergahorn in Schleswig-Holstein. Göttingen: Dissertation. 124 S.

NAGEL, J. (1994): Ein Einzelbaumwachstumsmodell für Roteichenbestände. Forst und Holz 49 (3). 69–75.

NAGEL, J. (1996): Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. Forst und Holz 51 (3). S. 76–78.

NAGEL, J. (1997): BWIN. Programm zur Bestandespflege und Prognose. Handbuch zur Version 3.0. Göttingen: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt. 50 S.

NAGEL, J. (1998): Zur Auswertung und Zuwachsprognose von permanenten Stichprobenerhebungen. Forst und Holz 53 (7). S. 197–198.

NAGEL, J. (1999a): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 128. Frankfurt am Main: Sauerländer. 122 S.

NAGEL, J. (1999b): BWINPro 4.0. Online-Hilfe. Lokale Version vom 01.06.1999. Göttingen: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt. Keine Zählung.

NAGEL, J.; BIGING, G.S. (1995): Schätzung der Parameter der Weibullfunktion zur Generierung von Durchmesserverteilungen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 166 (9/10). S. 185–189.

NEFT, R. (1990): Der optimale Nutzungszeitpunkt im Hinblick auf die heutige Zuwachssituation. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 90–118.

NEFT, R. (2000): FORIS – ein neues Rechnungswesen und Informationssystem. Forst und Holz 55 (11). S. 358–361.

NEWELL, A.; SIMON, H.A. (1972): Human problem solving. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 920 S.

NEWMAN, W.H.; WARREN, E.K.; MCGILL, A.R. (1987): The process of management. Strategy, action, results. 6. edition. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 624 S.

NICK, A. (1997): Budgetierung im Forstbetrieb. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (6). S. 294–296.

NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (1994): Anweisung zur Kontrollstichprobe. Betriebsinventuren mit dauerhaften Stichproben. Teil 1. Allgemeines, Merkmale, Hilfsmittel, Vorbereitungen, Arbeiten im Walde. 96 S.

NIEßLEIN, E. (1985): Forstpolitik. Ein Grundriss sektoraler Politik. Hamburg [u. a.]: Parey. 150 S.

NOCHE, B. (1994): Anwendungen der Simulation auf strategischen Unternehmensebenen. In: BIETHAN, J.; HUMMELTENBERG, W.; SCHMIDT, B.; WITTE. TH. (Hrsg.) (1994): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe. Fortschritte in der Simulationstechnik, Bd. 8. Braunschweig [u. a.]: Vieweg. S. 248–263.

NOEKE, G. (1996): Zur aktuellen Situation der Forsteinrichtung in Nordrhein-Westfalen. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 129–131.

NOLLAU, V. (1979): Statistische Analysen. Mathematische Methoden der Planung und Auswertung von Versuchen. 2. Auflage. Leipzig: VEB Fachbuchverlag. 378 S.

NUTE, D.; KIM, G.; POTTER, W.D.; TWERY, M.J.; RAUSCHER, H.M.; THOMASMA, S.; BENNETT, D.; KOLLASCH, P. (1999): A multi–criterial decision support system for forest management. Environmental decision support system and artificial intelligence, Papers from the AAAI workshop.

NUTE, D.; ROSENBERG, G.; NATH, S.; VERMA, B.; RAUSCHER, H.M.; TWERY, M.H.; GROVE, M. (2000): Goals and goal orientation in decision support systems for ecosystem management. Computer and electronics in agriculture, 27. S. 355–375.

OBERGFÖLL, O. (1997): Das Stärkeklassenverfahren für strukturreiche Wälder als Simulation am Beispiel des Staatswaldes Pfalzgrafenweiler. Forst und Holz 52 (21). S. 628–633.

OESTEN, G. (1991): Gedanken zur Wahl der Zinsrate in der Waldbewirtschaftung. Forst und Holz 46 (19). S. 536–538.

OESTEN, G. (2002): Rechtfertigen Besonderheiten der Forstwirtschaft die Existenz einer eigenständigen Wissenschaftsdisziplin Forstökonomik? Forst und Holz 57 (1/2). S. 37-41.

OESTEN, G.; ROEDER, A. (2002): Management von Forstbetrieben. Bd. 1. Grundlagen, Betriebspolitik. Remagen: Verlag Dr. Kessel. 364 S.

OHLIN, B. (1995): Concerning the question of the rotation period in forestry. Journal of forest economics 1 (1). S. 89–114.

OTT, N. (2001): Unsicherheit, Unschärfe und rationales Entscheiden. Die Anwendung von Fuzzy-Methoden in der Entscheidungstheorie. Heidelberg: Physica-Verlag. 232 S.

OTTO, H.-J. (1989): Langfristige, ökologische Waldbauplanung für die Niedersächsischen Landesforsten. Aus dem Walde, Heft 42. 442 S.

OTTO, H .-J. (1992): Rahmenbedingungen und Möglichkeiten zur Verwirklichung der ökologischen Waldentwicklung in den niedersächsischen Landesforsten. Forst und Holz 47 (4). S. 75–78.

OTTO, H.-J. (1995a): Unterschiedliche Planungsintensitäten in der Forsteinrichtung als Mittel naturnaher und wirtschaftlicher Betriebssteuerung. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 16–36.

OTTO, H.-J. (1995b): Zielorientierter Waldbau und Schutz sukzessionaler Prozesse – eine Diskussion. Forst und Holz 50 (7). S. 203–209.

OTTO, H.-J. (2000): Was erwartet die forstliche Praxis von der waldbauwissenschaftlichen Forschung in den nächsten Jahren. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Beiheft 1. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU-Dresden. S. 18–25.

PALMER, S. (1979): Zur werterhöhenden Pflege und Durchforstung von Buchen-Beständen. Allgemeine Forstzeitschrift 34 (8). S. 178–182.

PALMER, S. (1994): Von der Auslesedurchforstung zur Zieldurchmesser-Ernte bei der Buche. Allgemeine Forstzeitschrift 49 (10). S. 528–531.

PALMER, S. (1996): Der Waldentwicklungstyp. Eine neue Betrachtungsebene für die Forsteinrichtung. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 10–33.

PARAL, TH. (2000): Sensitivitätsanalyse. Durchführung, Präsentation, Beispiel. *http://www.uni-karlsruhe.de/~map/nsensitivitätsanalyse_meth.html.*

PARKER, C.S.; CASE, TH. (1993): Management information systems. Strategy and action New York [u. a.]: McGraw Hill. 888 S.

PAYANDEH, B.; BASHAM, D.; HAIG, R.A. (1991): Forestry investment decisions made easy on personal computers (FIDME-PC). Frontline, 3. Sault STe Marie, Ontario Region, Great Lakes Foresty Centre: Canadian Forst Service. 4 S.

PAYANDEH, B.; DUKES, D.R. (1994): User's guide for FIDME PC: Forestry investment decisions made easy on personal computers. Information report, 434. Sault STe Marie, Ontario Region, Great Lakes Foresty Centre: Canadian Forst Service. 17 S.

PEERENBOOM, H.G. (1997): Forsteinrichtung in Rheinland-Pfalz. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 115–118.

PERLITZ, M. (1977): Sensitivitätsanalysen für Investitionsentscheidungen. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 29 (5). S. 223–232.

PERPEET, M. (1995): Drei Entwicklungsansätze für die Forsteinrichtung in den Bundesforsten. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 76–82.

PERPEET, M. (1998): Erste Ansätze zur Ergebnisdarstellung von Befundeinheiten aus Stichprobeninventuren. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 54–63.

PERPEET, M. (2000): Zur Anwendung von Waldentwicklungstypen (WET). Forstarchiv 71 (4). S. 151–160.

PETKOFF, B. (1998): Wissensmanagement. Von der computerzentrierten zur anwenderorientierten Kommunikationstechnologie. Bonn [u. a.]: Addison-Wesley. 497 S.

PFAHLER, W. (2001): Starkholzabsatz kommt in Schwung. Forstinfo des Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, 5/2001.

PFOHL, H.CHR.; BRAUN, G.E. (1981): Entscheidungstheorie. Normative und deskriptive Grundlagen des Entscheidens. Landsberg am Lech: Verl. Moderne Industrie. 516 S.

POMMERENING, A. (1998a): Fortschreibung von Stichprobendaten mit positionsabhängigen Wuchsmodellen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 35–49.

POMMERENING, A. (1998b): Möglichkeiten zur Verknüpfung von Waldinventuren mit positionsabhängigen Wuchsmodellen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 147–163.

POMMERENING, A. (1998c): Erschließung von Inventurdaten für die Fortschreibung von Beständen und Betrieben. Foliensammlung. Forstliche Hochschulwoche 1998, München. 23 S. *http://www.wwk.forst.uni-muenchen.de/wwk/People/apommer/Hochschulwoche/index.html.*

POMMERENING, A. (1999): Methoden zur Reproduktion und Fortschreibung einzelner konzentrischer Probekreise von Betriebs- und Landeswaldinventuren. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 155–174.

POMMERENING, A. (2000a): Lehrstuhl für Waldwachstumskunde. Homepage. *http://www.wwk.forst.uni-muenchen.de/wwk/People/apommer/Homepage/personal.html.*

POMMERENING, A. (2000b): Methoden zur Reproduktion und Fortschreibung einzelner konzentrischer Probekreise von Betriebs- und Landeswaldinventuren. Forstarchiv 71 (5). S. 190–199.

POMMERENING, A. (2000c): Neue Methoden zur räumlichen Reproduktion von Waldbeständen und ihre Bedeutung für forstliche Inventuren und deren Fortschreibung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 171 (9/10). S. 164–170.

POMMERENING, A.; GADOW, K.v. (2000): Zu den Möglichkeiten und Grenzen der Strukturerfassung mit Waldinventuren. Forst und Holz 55 (19). S. 622–631.

POTT, M. (1998): Verbindung Wuchsmodell – geographisches Informationssystem als Beitrag für ein Betriebsinformationssystem. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 68–77.

POTTER, W.D.; SOMASEKER, S.; KOMMINENI, R.; RAUSCHER, H.M. (1999): NED-IIS. An intelligent information system for forest ecosystem management. Orland, Florida. AAAI workshop on intelligent information systems.

POTTER, W.D.; LIU, S.; DENG, X.; RAUSCHER, H.M. (2000): Using DCOM to support interoperability in forest ecosystem management decision support systems. Computers and electronics in agriculture, 27. S. 335–354.

PREßMAR, D.B. (1980): Neue Aspekte der betrieblichen Planung. Wiesbaden: Gabler. 185 S.

PRETZSCH, H. (1992a): Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt, Nr. 115. München: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 358 S.

PRETZSCH, H. (1992b): Zunehmende Unstimmigkeit zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum unserer Waldbestände. Konsequenzen für zukünftige ertragskundliche Informationssysteme. Forstwissenschaftliches Centralblatt 111 (6). S. 366–382.

PRETZSCH, H. (1993): Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Versuche mit dem Strukturgenerator STRUGEN. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 114. Frankfurt am Main: Sauerländer. 87 S.

PRETZSCH, H. (1995): Zum Einfluss des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 166 (9/10). S. 190–201.

PRETZSCH, H. (1995): Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 114 (3). S. 188–209.

PRETZSCH, H. (1997): Wo steht die Waldwachstumsforschung heute? Denkmuster–Methoden–Feedback. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168 (6/7). S. 99–102.

PRETZSCH, H. (2000): Erweiterungen des Wachstumssimulators SILVA. In: Verbundforschung München. Fachkolloquium „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“ am 19./20.07.2000 Freising.

PRETZSCH, H. (2002a): Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Berlin: Parey. 414 S.

PRETZSCH, H. (2002b): Modellierung des Waldwachstums. Berlin: Parey. 341 S.

PRETZSCH, H.; ĎURSKÝ, J.; POMMERENING, A.; FABRIKA, M. (2000): Waldwachstum unter dem Einfluss großregionaler Standortsveränderungen. Forst und Holz 55 (19). S. 307–314.

PRETZSCH, H.; KAHN, M. (1996): Wuchsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb. Anwendungsbeispiel: Variantenstudie Fichtenreinbestand versus Fichte/Buchen-Mischbestand. Allgemeine Forstzeitschrift 51 (25). S. 1414–1419.

PRETZSCH, H.; KAHN, M.; ĎURSKÝ, J. (1998): Stichprobendaten für die Entwicklungsprognose und die Nutzungsplanung. Anwendungsbeispiel: Stadtwald Traunstein. Allgemeine Forstzeitschrift 53 (25). S. 1552–1558.

PRODAN, M. (1961): Forstliche Biometrie. München [u. a.]: BLV. 432 S.

RADEMACHER, CHR.; GRIMM, V. (2002): Das Buchenurwaldmodell BEFORE. Integration und Extrapolation von Erfahrungswissen in Simulationsmodellen. Allgemeine Forstzeitschrift 57 (2). S. 95–97.

RAUSCHER, H.M. (1999): Ecosystem management decision support for federal forests in the United States. A review. Forest Ecol. Manag. [Forest ecology and management] (114). S. 173–197.

RAUSCHER, H.M.; LLOYD, F.TH.; LOFTIS, D.L.; TWERY, M.J. (2000): A practical decision–analysis process for forest ecosystem. Computers and electronics in agriculture, (27). S. 195–226.

RAJANOWA, W.; HEMPEL, G. (1996): Data mining zur Exploration der Waldökosystem-Datenbank. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Beiträge zur Jahrestagung. S. 136–145.

REIBNITZ, U.v. (1992): Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Wiesbaden: Gabler. 279 S.

REIMEIER, S. (1999): Modelle zur Korrektur von Ertragstafelzuwächsen aus Daten der permanenten Stichprobeninventur. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (20). S. 1069–1071.

REIMEIER, S. (2000): Korrekturmodelle für Ertragstafelzuwächse. Österreichische Forstzeitung 111 (8). S. 34–35.

REIMEIER, S. (2001): Analyse der Zuwachsveränderungen aus Daten permanenter Stichprobeninventuren. München: Frank. 141 S.

REIMEIER, S.; KENNEL, E. (2001): Zuwachstafeln für ausgewählte Baumarten. Remagen: Verlag Dr. Kessel. 93 S.

REINERSMANN, M. (1997): Wissensbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme. Ein interdisziplinärer Ansatz zur Entwicklung eines problem- und benutzerorientierten Gestaltungskonzeptes. Bochum: Brockmeyer. 421 S.

REININGER, H. (1976): Schlagweiser Betrieb oder Zielstärkennutzung? Allgemeine Forstzeitung 87 (5). S 142–147.

REININGER, H. (1979): Erfüllen Bäume des Altersklassenwaldes die Erwartungen der Zielstärkennutzung? Allgemeine Forstzeitung 90 (11). S 331–335.

REININGER, H. (1989): Zielstärken-Nutzung. 4. Auflage Wien: Österreichischer Agrarverlag. 163 S.

REININGER, H. (2000): Das Plenterprinzip oder die Überführung des Altersklassenwaldes. Graz [u. a.]: Stocker. 238 S.

REYNOLDS, K.; BJORK, J.; HERSHEY, R.R.; SCHMOLDT, D.; PAYNE, J.; KING, S.; DECOLA, L.; TWERY, M.J.; CUNNINGHAM, P. (1999): Decision Support for ecosystem management. Proceedings, Ecological stewardship workshop. S. 687–721.

REYNOLDS, K.; SAUNDERS, M.; OLSON, R.; SCHMOLDT, D.L.; FOSTER, M.; LATHAM, D.; MILLER, B.; STEFFENSON, J.; BEDNAR, L.; CUNNINGHAM, P. (1995): Knowledge–based information management in decision support for ecosystem management. ESRI User Conference Proceedings, Environmental systems research institute, Inc.. 16 S.

RICHTER, J. (1985): Biologische Rationalisierung. Forst und Holz 40 (20). S. 534.

RICHTER, J. (1994): Neue Aspekte der Fichtendurchforstung. Allgemeine Forstzeitschrift 49 (12). S. 632–637.

RICHTER, J. (1995): Der Übergang zur Zielstärkennutzung in gleichaltrigen Fichtenbeständen. Forst und Holz 50 (13). S. 414–415.

RICHTER, J.; ENGINEER, S. (1992): Modellrechnungen zur Zielstärkennutzung. Allgemeine Forstzeitschrift 47 (4). S. 177–179.

RIEDER, A. (1997): Bemerkungen zur Zielstärkennutzung. Allgemeine Forstzeitschrift 52 (2). S. 76–78.

RIEDER, A. (1998): Zielstärkennutzung in der Buchenwirtschaft. Allgemeine Forstzeitschrift 53 (20). S. 1267–1270.

RIESENEDER, F. (1980): Kritische Würdigung der Zielstärkennutzung. Allgemeine Forstzeitung 91 (5). S 124–125.

RINGLAND, G. (1998): Scenario planning. Managing for the future. Chichester [u. a.]: Wiley. 407 S.

RIPKEN, H. (1984): Betriebswirtschaftliche Aspekte der Buchenbewirtschaftung. Forst und Holz 39 (3). S. 56–62.

RIPKEN, H. (1992): Rationalisierungsmöglichkeiten in der biologischen Produktion des Forstbetriebes. Allgemeine Forstzeitschrift 47 (11). S. 569–573.

RIPKEN, H. (1993): Controlling im Forstbetrieb. Am Beispiel der Niedersächsischen Landesforstverwaltung. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (5). S. 247–252.

RIPKEN, H. (1997): Ökonomische Nachhaltskriterien im Forstbetrieb und ihre Berücksichtigung in der Forsteinrichtung. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 45–74.

RIPKEN, H. (1998): Umsetzung monetärer Ziele bei der Forsteinrichtung in der Niedersächsischen Forstverwaltung. Forst und Holz 53 (7). S. 194–196.

RISSE, F. (1998): Ergebnisse der Wiederholungsinventur im Staatswald Bebenhausen. Aus der aktuellen Forschungsarbeit. Informationen und Diskussion. FVA-Kolloquium, 1997/98. 3 S.

RÖDIG, K.-P. (1999): Was soll Forsteinrichtung in der Zukunft leisten? Forst und Holz 54 (22). S. 701–704.

ROEDER, A. (1979): Quantitative Methoden verbessern betriebliche Entscheidungen – zwei Praxisbeispiele. Allgemeine Forstzeitschrift 34 (8). S. 184–187.

ROGG, ST. (2001): Wie arbeitet der IT-Förster der Zukunft, Informations- und Kommunikationstechnologie im Revierdienst. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (14). S. 732–733.

RÖHLE, H. (1995): Zum Wachstum der Fichte auf Hochleistungsstandorten in Südbayern. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayern, Heft 48. München: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 272 S.

RÖHRIG, E. (1994): Auf dem Weg zum Waldbau auf ökologischer Grundlage. Forstarchiv 65 (6). S. 259–271.

RÖHRIG, E.; GUSSONE, H.A. (1990): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Begr. von A. DENGLER. Bd. 2: Baumartenwahl, Bestandesbegründung und Bestandespflege. 6., völlig neubearb. Auflage. Hamburg [u. a.]: Parey. 314 S.

ROLFES, B. (1998): Moderne Investitionsrechnung. Einführung in die klassische Investitionstheorie und Grundlagen marktorientierter Investitionsentscheidungen. 2., unwes. veränd. Auflage. München [u. a.]: Oldenbourg. 288 S.

ROMMELFANGER, H. (1994): Fuzzy decision support-Systeme. Entscheiden bei Unschärfe. 2., verb. und erw. Aufl.. Berlin [u.a.]: Springer. 314 S.

RÖÖS, M. (1990): Zum Wachstum der Vogelkirsche (Prunus avium L.) in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten. Dissertation Universität Göttingen.

ROSE, D.W. (1990): Neue Entwicklungen in forstlichen Planungsmodellen. In: VILLA, W. (Hrsg.) (1990): Die Verflechtung von Betriebswirtschaft und Forsteinrichtung im Forstbetrieb. S. 79–89.

ROSE, D.W.; BINN, CH.R.; BRAND, G.J. (1988): A guide to foresty investment analysis. Research paper, 284. St. Paul, Minnesota: North Central Forst Experiment Station, Forest Service, United States Department of Agriculture. 23 S.

ROTENHAN, S.v. (1993): Das Forsteinrichtungswesen, überholt und reformbedürftig. Der Dauerwald, Heft 8. S. 36–42.

RUBNER, K. (1968): Grundlagen des naturnahen Waldbaus in Europa. Forstwissenschaftliches Centralblatt 87 (1). S. 8–36

RUPF, A. (2001): Planung im Forstbetrieb – Umsetzung der waldbaulichen Planung in eine Budgetplanung, dargestellt am Beispiel der Hofkammer des Hauses Württemberg. Manuskript zum Vortrag an der ETH Zürich am 3. Dezember 2001 im Rahmen des Montagskolloquiums. 6 S.

SABOROWSKI, J.; DAHM, S. (1996): Möglichkeiten zur Stratifizierung bei Waldinventuren. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Beiträge zur Jahrestagung. S. 192–100.

SAGL, W. (1995a): Alternativen in der Forsteinrichtung. Varianten für Inventurprobleme. Fallstudie Lehrforst. In: SAGL, W. (Hrsg.) (1995): Alternativen der Forsteinrichtung. IUFRO Symposium, Division IV. Proceedings. Wien: Universität für Bodenkultur. S. 43–63.

SAGL, W. (1995b): Bewertung in Forstbetrieben. Berlin [u. a.]: Blackwell-Wissenschaftsverlag. 396 S.

SALLINGER, E. (1993a): Die Wirtschaftlichkeit des Forstbetriebes. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (16). S. 846–849.

SALLINGER, E. (1993b): Naturverjüngung und Rationalisierung. Österreichische Forstzeitung 104 (11). S. 10–12.

SALLINGER, E. (1994): Biologische Automation – sind die Rationalisierungsmöglichkeiten im Waldbau ausgeschöpft? Berichte und Studien der Hanns-Seidel-Stiftung e.V., Bd. 67, Reihe Agrarpolitik, Bd 6. München: Hanns-Seidel-Stiftung. S. 107–120.

SÄUBERLICH, F. (2000): KDD und data Mining als Hilfsmittel zur Entscheidungsunterstützung. Entscheidungsunterstützung für ökonomische Probleme, Bd. 18. Frankfurt am Main [u. a.]: Lang. 235 S.

SAMUELSON, P.A. (1976): Economics of forestry in evolving society. Economic Inquiry, 14. S. 466–492.

SANDER, J. (2000): Betriebssteuerung mit moderner Informationstechnik und Aufgaben der Forsteinrichtung in der Niedersächsischen Landesforstverwaltung. Forst und Holz 55 (5). S. 150–153.

SAUTER, V.L. (1997): Decision support systems. An applied managerial approach. New York [u. a.]: Wiley. 408 S.

SCHAEFER, H.F. (1986): Grundlagen einer informationsorientierten Produktions- und Kostentheorie. Hamburg: Steuer- und Wirtschaftsverlag. 151 S.

SCHANZ, G. (1977): Grundlagen der verhaltenstheoretischen Betriebswirtschaftslehre. Tübingen: Mohr. 373 S.

SCHANZ, G. (1995): Von der Metaphysik zur Systemgestaltung. Der logische Aufbau einer verhaltenstheoretisch orientierten Managementwissenschaft. In: WUNDERER, R. (Hrsg.) (1995): Betriebswirtschaftslehre als Management- und Führungslehre. 3., überarb. und erg. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. S. 238-248

SCHEEDER, TH. (1993): Forsteinrichtung in naturgemäßen oder naturnahen Wirtschaftswäldern. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (2). S. 61–64.

SCHMID-HAAS, P.; WERNER, J.; BAUMANN, E. (1978): Kontrollstichproben: Aufnahmeinstruktion. Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Nr. 186. 2. Aufl. Birmensdorf: Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen. 57 S.

SCHMIDT, G. (1999): Informationsmanagement. Modelle, Methoden, Techniken. 2., überarb. u. erw. Aufl.. Berlin [u.a.]: Springer. 252 S.

SCHMOLDT, D.L.; RAUSCHER, H.M. (1996): Building knowledge-based systems for natural resource management. New York [u. a.]: Chapman u. Hill. 386 S.

SCHMOLDT, D.L.; PETERSON, D.L. (1997): Using the analytic hierarchy process for decision-making in ecosystem management. Analysis notes: Ecosystem management analysis center 7 (1). S. 17–22.

SCHOBER, R. (1972): Die Rotbuche 1971. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 43/44. Frankfurt am Main: Sauerländer. 333 S.

SCHOBER, R. (1987): Durchforstung nach Zahlen? Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 158 (19). S. 174–183.

SCHOBER, R. (1988): Von Zukunfts- und Elitebäumen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 159 (11/12). S. 239–249.

SCHOBER, R. (1995): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. 4., neubearb. Auflage. Frankfurt am Main: Sauerländer. 166 S.

SCHÖLLER, W.; SPORS, H.-J. (2001): Einführung von Steuerungselementen in der Landesforstverwaltung NRW. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (14). S. 740–742.

SCHOLTEN, H.; STILLWELL, J. (1990): Geographical information systems for urban and regional planning. Dordrecht: Kluwer. 270 S.

SCHÖNFELDER, E. (1986): Eigenschaften der Schätzungen für Parameter in nichtlinearen Regressionsfunktionen. Dargestellt am Beispiel der vierparametrigen RICHARDS-Funktion. Rostock: Dissertation. 234 S.

SCHÖPFER, W.; DAUBER, E. (1989): Bestandessortentafeln 82/85. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 147. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 33 S.

SCHÖPFER, W.; STÖHR, D. (1991): Variable Bestandessortentafel für Fichten-Schwachholzhiebe. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 162. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 19 S.

SCHÖPFER, W.; AVEMARK, W.; STÖHR, D. (1996): Sorten-, Erlös- und Kostenkalkulation in der Holzernte. Eine PC-gestützte Entscheidungshilfe für den Forstbetrieb. Forst und Holz 51 (14). S. 457–461.

SCHREUDER, G.F. (1968): Optimal forest investment decisions through dynamic programming New Haven: Yale University. 70 S.

SCHREYER, G. (1991): Gedanken zur Orientierung der Forstwirtschaft. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110 (5). S. 331–337.

SCHREYER, G. (1995): Die Rolle der Forsteinrichtung zur Gestaltung und Kontrolle des Forstbetriebes aus Sicht der Betriebswirtschaft. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 5–15.

SCHREYÖGG, G. (1991): Der Managementprozess. Grundfragen einer Theorie strategischer Unternehmensführung. In: STAEHLE, W.H.; SYDOW, J. (Hrsg.) (1991): Managementforschung, Bd. 1. Berlin [u. a.]: DeGruyter. S. 255–289.

SCHREYÖGG, G. (1993): Unternehmensstrategie. Grundfragen einer Theorie strategischer Unternehmensführung. Berlin [u. a.]: DeGruyter. 326 S.

SCHREYÖGG, G. (1998): Strategische Planung – Grundlagen der strategischen Planung. Fachbereich Wirtschaftswissenschaften. Fernuniversität Hagen. 55 S.

SCHULTZ, R. (1987): Quantitative Entscheidungsunterlagen auf der Grundlage von Szenarien. Wiesbaden. Gabler. 290 S.

SCHUMPETER, J.A. (1914): Die Wellenbewegung des Wirtschaftslebens. Archiv für Sozialwissenschaften und Sozialpolitik 39 (1). S. 1–32.

SCHUSSER, ST. (1999): Die Rolle der Forsteinrichtung bei der Budgetierung der Forstbetriebe aus der Sicht eines Forstamtsleiters. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 33–54.

SCHUSTER, G.E.; ZUURING, H.R. (1994): User's guide to INVEST V: a computer program for economic analysis of forstry investment opportunities. General technical report, 312. Ogden, Utah: Intermountain Research Station. keine Zählung.

SEITSCHEK, O. (1989): Aufbau stabiler Wälder – zentrale Aufgabe des Waldbaus. Forst und Holz 44 (7). S. 163–169.

SEKOT, W. (1991): Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Forsteinrichtung als Führungsinstrument im Forstbetrieb. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Bd. 12. Wien: Eigenverlag des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik. 545 S.

SEKOT, W.; FLACH, M. (1992): Ertragskundliche-betriebswirtschaftliche Aspekte der Starkholzproblematik. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Bd. 13. Wien: Eigenverlag des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik. 121 S.

SEKTION ERTRAGSKUNDE (2000): Empfehlungen zur Einführung und Weiterentwicklung von Waldwachstumssimulatoren. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 171 (3). S. 52–57.

SELING, I.; SPATHELF, P.; NUTTO, L. (2001): Herleitung und ökonomische Analyse eines einzelbaumorientierten Behandlungsmodells in der Eukalyptus (Eucalyptus grandis) – Plantagenwirtschaft in Südbrasilien. Forstarchiv 72 (5). S. 208–218.

SIEBENBÜRGER, F. (1974): Methoden und Anwendungsmöglichkeiten wirtschaftlicher Prognosen in der Forstwirtschaft. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 44. Stuttgart: Selbstverlag der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. S. 51–82.

SIMON, H.A. (1977): The new science of management decision. New York: Prentice-Hall. 175 S.

SIMON, H.A. (1997): Administrative behavior. A study of decision-making processes in administrative organizations. 4. edition. New York: Free press. 368 S.

SLOBODA, B. (1971): Zu Darstellung von Wachstumsprozessen mit Hilfe von Differentialgleichungen erster Ordnung. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 32. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 109 S.

SLOBODA, B.; GAFFREY, D.; MATSUMURA, N. (1993): Regionale und lokale Höhenkurven für gleichaltrige Waldbestände. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 164 (12). S. 225–228.

SMALTSCHINSKI, TH. (1998): Integration von Forsteinrichtungsdaten und Waldwachstumsprognosen in ein GIS zum Zweck der Betriebsplanung. Ein Anwendungsbeispiel. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 78–84.

SOPPA, R. (2001): Starkholz: Goldgrube oder Ladenhüter? 56 Allgemeine Forstzeitschrift (19). S. 1021.

SPATHELF, P.; SELING, I.; SCHNEIDER, P.R.; FLEIG, F.D. (2001): Ertrag, interne Verzinsung und Bodenertragswerte von Acacia mearnsii (DE WILD) in Abhängigkeit von Ertragsklasse, Pflanzverband und Umtriebszeit. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 172 (5/6). S. 91–101.

SPEIDEL, G. (1970): Die Entscheidungstheorie als Grundlage der Rationalisierung im Forstbetrieb. Forstarchiv 41 (2). S. 25–30.

SPEIDEL, G. (1972): Planung im Forstbetrieb. Hamburg [u. a.]: Parey. 267 S.

SPEIDEL, G. (1984): Forstliche Betriebswirtschaftslehre. 2. Auflage. Hamburg [u. a.]: Parey. 226 S.

SPELLMANN, H. (1987): Weiterentwicklung der Forsteinrichtung unter besonderer Berücksichtigung der Zustandserfassung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 106 (6). S. 355–365.

SPELLMANN, H. (1991): Beiträge der Forsteinrichtung und Ertragskunde für ein forstliches Informationssystem. Forst und Holz 46 (3). S. 57–65

SPELLMANN, H. (1995): Vom strukturarmen zum strukturreichen Wald. Forst und Holz 50 (2). S. 35–44.

SPELLMANN, H. (1996): Waldbau im Wandel. Forst und Holz 51 (1). S. 3–9.

SPELLMANN, H. (1997): Zielstärkennutzung. Waldbauliche und ertragskundliche Aspekte. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 186–198.

SPELLMANN, H. (1999): Überführung als betriebliche Aufgabe. Vortrag anlässlich der Tagung „Überführung von Altersklassenwälder in Dauerwälder“. Forst und Holz 54 (4). S. 110–116.

SPELLMANN, H. (2002): Waldbauliche Perspektiven für die niedersächsische Kiefernwirtschaft. Forst und Holz 57 (3). S. 71–75.

SPELLMANN, H.; NAGEL, J. (1996): Zur Durchforstung von Fichte und Buche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 167 (1/2). S. 6–15.

SPELLMANN, H.; WAGNER, S. (1993): Entscheidungshilfen für die Verjüngungsplanung in Fichtenbeständen zum Voranbau der Buche im Harz. Forst und Holz 48 (17). S. 483–490.

SPIECKER, H. (1974): Die Simulation als Entscheidungshilfe in der Forstlichen Planung. Freiburg i. Br.: Dissertation. 162. S.

SPIECKER, H. (1995): Der Wald stirbt – die Holzvorräte steigen. Forst und Holz 50 (2). S. 53–54.

SPORS, H.-J.; STOCK, R.; SLOBODA, B. (1992): Räumliche Informationssysteme als Entscheidungsbasis für die forstliche Praxis. Forstarchiv 63 (1). S. 33–39.

SPORS, H.-J. (1996): Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten eines raumbezogenen Forstlichen Informationssystems. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen, Bd. 7. Recklinghausen: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen. 128 S.

SPRAGUE, R.H. (1993): Decision support systems. Putting theory into practice. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 437 S.

SPRAGUE, R.H.; CARLSON, E. (1982): Building Effective Decision Support Systems. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 329 S.

SPRAGUE, R.H.; WATSON, H.J. (1996): Decision support for management. Upper Saddle River: Prentice Hall. 490 S.

SPRENGER, H.R. (1986): Planungs- und entscheidungsunterstützende Systeme (EUS). Probleme der Evaluation und Implementierung. St. Gallen: Dissertation. Getr. Zählung.

STAEHLE, W.H. (1999): Management. Eine verhaltenswissenschaftliche Perspektive. 8., überarb. Auflage. München: Vahlen. 1098 S.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1962–1977): Preise, Löhne, Wirtschaftsrechnungen. Fachserie M, Reihe 4-m. Mainz: Kohlhammer.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1977–1990): Preise und Preisindizes für die Land- und Forstwirtschaft. Fachserie 17, Reihe 1-m. Mainz: Kohlhammer [anfangs]. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

STATISTISCHES BUNDESAMT (1996–2000): Preisindizes für die Land- und Forstwirtschaft. Fachserie 17, Reihe 1-m. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2001): Verbraucherpreisindizes für das früherer Bundesgebiet. *http://www-zr.destatis.de/dbv/dbv19.htm.*

STEINMANN, H.; SCHREYÖGG, G. (1997): Management: Grundlagen der Unternehmensführung. Konzepte – Funktionen – Fallstudien. 4., überarb. u. erw. Auflage. Wiesbaden: Gabler. 749 S.

STEINMEYER, U.P.M. (1992): Der bundesdeutsche Industrieholzmarkt von 1965 bis 1987. Eine ökonomische und ökonometrische Analyse. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 4. Frankfurt am Main: Sauerländer. 276 S.

STEINMÜLLER, K. (1997): Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung. Werkstattbericht Nr. 21. Gelsenkirchen: Sekretariat für Zukunftsforschung. 110 S.

STERBA, H. (1978): Ertragskundliche Überlegungen zur Zielstärkennutzung. Allgemeine Forstzeitung 89 (11). S. 382–385.

STERBA, H. (1997): Waldwachstumsforschung – zwischen Erkenntnisdrang und Praxisanspruch. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168 (11/12). S. 227–230.

STERBA, H. (1999): 20 Jahre Zielstärkennutzung in der „Hirschlacke", Stift Schlägl. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 170 (9). S. 170–175.

STERBA, H.; BERNAUER, B. (1981): Zielstärkennutzung und Wertleistung. Eine Korrespondenz. Forst und Holz 36 (23). S. 608–613.

STERBA, H.; MOSER, M.; HASENAUER, H.; MONSERUD, R.A. (1995): POGNAUS ein abstandsunabhängiger Wachstumssimulator für ungleichaltrige Mischbestände. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 173–183.

STIEHL, U. (1996): Forsteinrichtung in strukturreichen Wäldern. Anlass, Ergebnisse und Folgerungen der Arbeitsgruppe. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 1–9.

STOLL, S.; GRUNDMANN, V. (2001): Forsteinrichtung im Wandel. Zwischen Betriebssteuerung und Gemeinwohlverpflichtung. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (1). S. 27–29.

STRÜTT, M.: (1991): Betriebswirtschaftliche Modelluntersuchungen zu Z-Baum orientierten Produktionsstrategien in der Fichtenwirtschaft. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt,, Heft 156. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 221 S.

TAHVONEN, O.; SALO, S. (1999): Optimale forest rotation with in situ preferences. Journal of environmental economics and management 37 (1). S. 106–128.

TEGELER, R. (1998): Zur Herleitung dimensionsorientierter Nutzungssätze im Rahmen der Hessischen Forsteinrichtung. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 11–25.

TESSUN, F. (1998): Einsatz von Szenarien in der Unternehmensplanung zur besseren Gestaltung der Zukunft. Planung und Analyse (3). S. 40–45.

TEUFFEL, K.v. (1996): Grundzüge eines erneuerten Forsteinrichtungsverfahrens in Baden-Württemberg. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 34–51.

TEUFFEL, K.v. (1997): Entwicklungen in der Forsteinrichtung in Baden-Württemberg. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 89–90.

TEUFFEL, K.v. (1998): Aktuelle Anforderungen an waldwachstumskundliche Forschung aus Sicht einer Landesforstverwaltung. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 1–4.

TEUFFEL. K.v. (2002): Aspekte zur Behandlung der Buche. Allgemeine Forstzeitschrift 57 (16): S. 851–853.

TEUFFEL, K.v.; JOOS, M.; KREBS, M.; HARTEBRODT, CHR.; HRADETZKY, J.; BÖSCH, B.; KÄNDLER, G. (2000): Sortenanfall unterliegt deutlichen Veränderungen. Holzzentralblatt 126 (59). S. 831.

TEUFFEL, K.v.; KREBS, M. (1996): Geoinformationssysteme als Instrumente der forstlichen Betriebsführung. Allgemeine Forstzeitschrift 51 (10). S. 532–535.

THIEM, H. (1998): Planungs- und Kontrollprozess I. Grundlagen sowie Phasen der Zielbildung und Problemanalyse. Universität Hannover. Institut für Unternehmensführung und Organisation. *http://www.wiwi.uni-hannover.de/ufo/henning.htm.*

THOMAS, R.-P.; NAGEL-NIEMANN, M. (1999): Die Einführung der zweiten Generation eines IT-Systems in Thüringen. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (18). S. 953–955.

THOMASIUS, H. (1992): Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus. Forstwissenschaftliches Centralblatt 111 (3). S. 141–155.

THOROE, C. (1993): Zum zukünftigen Aufkommen an Schwachholz. In: BARTELHEIMER, P.; MOOG, M.; VOLZ, K.-R. (Hrsg.) (1993): Perspektiven für Angebot und Nachfrage auf den Industrieholzmärkten. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Versuchs- und Forschungsanstalt Nr. 127. S. 1–9.

THOROE, C.; OLLMANN, H. (2001): Die zukünftige Entwicklung des Holzmarktes in Deutschland, Europa und weltweit – Chancen für schnellwachsende Baumarten? Forst und Holz 56 (3). S. 75–80.

TWERY, M.J.; RAUSCHER, H.M.; BENNETT, D. (2000): NED-1. Integrated analyses for forest stewardship decisions. Computers and electronics in agriculture, 27. S. 167–193.

TZSCHUPKE, W. (1989): Anforderungen an ein zeit- und funktionengerechtes Forsteinrichtungsverfahren. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 160 (4). S. 62–65.

TZSCHUPKE, W. (1991): Die Bedeutung des Zielsystems für die Forsteinrichtung. Forst und Holz 46 (6). S. 142–149.

ULBRICHT, R. (1978): Stichprobenumfang und Genauigkeit bei der teilflächenweisen Inventur. Beiträge für die Forstwissenschaft und Landschaftsökologie. 12 (3). S. 134–137.

ULRICH, H. (1968): Die Unternehmung als produktives soziales System. 1. Auflage. Bern [u. a.]: Haupt. 355 S.

UNTHEIM, H.; KWASNITSCHKA, R. (2001): Organisationsreform und Weiterentwicklung der Informationstechnik. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (8). S. 405–408.

VACIK, H. (1999): Einsatz von GIS und entscheidungsunterstützenden Systemen in der waldbaulichen Planung. Wien: Dissertation. 207 S.

VASIEVICH, J.M. (1998): Tools and technics of forest finance. Working paper. East Lansing, MI: USDA-Forest Service. 13 S.

VASIEVICH, J.M. (2000): Quick-Silver. Version 5.004. East Lansing: USDA-Forest Service. *http://econ.usfs.msu.edu/qsilver/index.html.*

VASIEVICH, J.M.; FREBIS, R.; WIETHE, R.W. (1982): The foresty investment analysis program. Research triangle park, NC: USDA forst service, southeastern center for forest economics research. 50 S.

VETSCHERA, R. (1995): Informationssysteme der Unternehmensführung. Berlin [u. a.]: Springer. 265 S.

VOIGT, K.-I. (1993): Strategische Unternehmensplanung. Grundlagen, Konzepte, Anwendungen. Wiesbaden: Gabler. 302 S.

VOß, A.; BRANDL, H. (1991): Betriebswirtschaftliche Aspekte und Folgerungen zur Farbverkernung bei der Rotbuche in Baden-Württemberg. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 158. Freiburg i. Br.: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 57 S.

VOß, ST.; GUTENSCHWAGER, K. (2001): Informationsmanagement. Berlin [u.a.]: Springer. 435 S.

WAGNER, S. (1994): Strahlungsschätzung in Wäldern durch hemisphärische Fotos. Methode und Anwendung. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 123. Göttingen: Selbstverlag des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen. 166 S.

WAGNER, S.; MÜLLER-USING, B. (1997): Ergebnisse der Buchen-Voranbauversuche im Harz unter besonderer Berücksichtigung der lichtökologischen Verhältnisse. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen, Bd. 13. Recklinghausen: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen. S. 17–42.

WAGNER, S. (1999): Ökologische Untersuchungen zur Initialphase der Naturverjüngung in Eschen-Buchen-Mischbeständen. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 129. Frankfurt am Main: Sauerländer. 262 S.

WAGNER, S. (2000); Zukünftige Schwerpunkte waldbaulicher Forschung. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Beiheft 1. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU-Dresden. S. 112–133.

WALDHERR, M. (1995): Das Stärkeklassenverfahren – eine Möglichkeit zur Ertragsregelung in naturnahen und naturgemäßen Wäldern. Forst und Holz 50 (14). S. 430–436.

WÄHRISCH, M. (1999): Zur Beurteilung der einfachen internen Zinsfuß-Methode und der Baldwin-Methode aus Sicht der Praxis. Zugleich ein Beitrag zur Beziehung zwischen einfachem und modifiziertem internen Zinsfuß. Finanz-Betrieb (10). S. 295–299.

WARKOTSCH, W. (1996): Der Wald als Arbeitsplatz der Zukunft. In: BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1996): Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie – Ökonomie. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 12. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. S. 53–66.

WEBER, W. (1993): Strategische Unternehmungsführung: Mittel und Erfahrungen. Österreichische Forstzeitung 104 (8). S. 37–39.

WEBER, E.; LOUTSCH, M. (1991): Simulationsmodelle als betriebswirtschaftliche Entscheidungshilfe. In: BIETHAN, J.; HUMMELTENBERG, W.; SCHMIDT, B. (Hrsg.) (1991): Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe, Bd. 2. Fachberichte Simulation, Bd. 15. Berlin [u. a.]: Springer. S. 161–167.

WEIDENBACH, P.; KARIUS, K. (1993): Betriebsinventur auf Stichprobenbasis als Element moderner Forsteinrichtung. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (13). S. 685–688.

WEIHRICH, H.; KOONTZ, H. (1993): Management. A global perspective. 10. edition. New York: McGraw-Hill. 744 S.

WEIMANN, H.-J. (1991): PC-gestützte strukturierte Forsteinrichtungsinformation. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 19–36.

WEIMANN, H.-J. (1995): Instrumente der Forsteinrichtung zur wirtschaftlichen Betriebsgestaltung. Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung. Bericht über die Jahrestagung. S. 37–55.

WEISE, U. (1995): Lichtungszuwachs und Volumenleistung in Fichten-Tannen(Buchen)-Verjüngungsbeständen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 107–118.

WELCKER, B. (2001): Marketing für Umwelt- und Erholungsprodukte der Forstwirtschaft. Frankfurt am Main [u.a.]: Lang. 431 S.

WELGE, M.K.; AL-LAHAM, A. (1992): Planung: Prozesse, Strategien, Maßnahmen. Wiesbaden: Gabler. 499 S.

WENK, G.; ANTANAITIS, V.; SMELKO, ST. (1990): Waldertragslehre. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag. 448 S.

WENSEL, L.C.; DAUGHERTY, P.J.; MEERSCHAERT, W.J. (1986): CACTOS user's guide. The california timber output simulator: Berkley: University of California, Division of agricultural science. Keine Zählung.

WERNER, L. (1992): Entscheidungsunterstützungssysteme. Ein Problem- und benutzerorientiertes Management-Instrument. Heidelberg: Physica-Verlag. 270 S.

WERNERFELT, B. (1984): A resource-based view of the firm. Strategic management journal 16 (3). S. 171–174.

WIEDEMANN, E. (1942): Fichten-Ertragstafel. In: SCHOBER, R. (1995): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. 4. Auflage. Frankfurt am Main: Sauerländer. 166 S.

WILD, J. (1981): Grundlagen der Unternehmensplanung. 3. Auflage. Opladen: Westdeutscher Verlag. 217 S.

WILHELM, G.J.; LETTER, H.-A.; EDER, W. (1999): Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (5). S. 232–240.

WILHELM, G.J.; LETTER, H.-A.; EDER, W. (2001): Zu: Konzepte zur Buchen-Lichtwuchsdurchforstung von KLÄDTKE in Allgemeine Forstzeitschrift 56 (20). S. 1047–1050. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (23). S. 1226–1227.

WINDHAGER, M. (1999a): Vergleich von distanzabhängigen und unabhängigen konkurrenzbeschreibenden Faktoren und ihre Auswirkungen auf den Grundflächenzuwachs. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 170 (7). S. 133–136.

WINDHAGER, M. (1999b): Evaluierung von vier Wachstumssimulatoren BWIN (Nagel 1995), MOSES (Hasenauer 1994), PROGNAUS (Monserud und Sterba 1996) und SILVA (Kahn und Pretzsch 1997). Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Beiträge zur Jahrestagung. S. 54–60.

WINDHAGER, M. (1999c): Evaluierung von vier verschiedenen Waldwachstumssimulatoren. Wien: Dissertation. 217 S.

WITTE, E. (Hrsg.) (1986): Empirical research on organizational decision making. Amsterdam [u. a.]: North-Holland. 408 S.

WÖHE, G. (1993): Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 18. überarb. u. erw. Auflage. München: Vahlen. 1442 S.

WOHLERT, D.-G. (1993): Ein Modellansatz zur Erhaltung des Erfolgskapitals in Forstbetrieben. Schriften zur Forstökonomie, Bd. 5. Frankfurt am Main: Sauerländer. 147 S.

WOLFF, B.; RIEK, W. (1997): Deutscher Waldbodenbericht 1996. Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald von 1987-1993 (BZE). Bd. 1 und 2. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.). 144 S.

WORRALL, L. (1990): Geographical information systems. development and applications. London: Belhaven. 251 S.

WYKOFF, W.R.; CROOKSTOPN, N.L.; STAGE, A.R. (1982): User's guide to the stand prognosis model. USDA-Forest Service. 112 S.

YIN, R.; NEWMAN, D.H. (1996): The effect of catastrophic Risk on forest investment decisions. Journal of environmental economics and management 31 (2). S. 186–197.

ZAHN, E. (1979): Strategische Planung zur Steuerung der langfristigen Unternehmensentwicklung. Grundlagen zu einer Theorie der Unternehmensplanung. Berlin: Duncker u. Humblot. 355 S.

ZERBE, S. (1997): Stellt die potentielle natürliche Vegetation (PNV) eine sinnvolle Zielvorstellung für den naturnahen Waldbau dar? FwCbl 116 (1). S. 1–15.

ZIEGLER, M. (2001a): Einzelbaum-Wuchsmodelle als Hilfsmittel zur forstlichen Produktions- und Nutzungsplanung. Teil 1: Vergleich zweier Buchenreinbestände zur Evaluierung alternativer Durchforstungseinriffe. Forst und Holz 56 (20). S. 650–653.

ZIEGLER, M. (2001b): Einzelbaum-Wuchsmodelle als Hilfsmittel zur forstlichen Produktions- und Nutzungsplanung. Teil 2: Analyse einer Fichten-Zielstärkennutzung. Forst und Holz 56 (21). S. 691–693.

ZIESLING, V. (1999): Einführung eines strategischen Managements in die Forstbetriebe. Allgemeine Forstzeitschrift 54 (1). S 27–31.

ZÖHRER, F. (1980): Forstinventur. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Hamburg [ua.]: Parey. 207 S.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Tabellen

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als diese kenntlich gemacht worden. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten: ....

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zwecke der Promotion vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht worden.

Ich bestätige, dass ich die Promotionsordnung der Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der TU Dresden anerkenne.

Tharandt, den 12.05.2003

Dipl.-Ing. Kai Lapacek